Universidad Autónoma del Estado de México

UAEMex

Facultad de ingeniería

Construcción y control en la cimentación y estructura metálica principal para la edificación de un CEDIS para hermanos GRISI.

Memoria de experiencia laboral

Para obtener el título de:

Ingeniero Civil

Presenta:

Daniel Colín Vázquez

Director de la memoria:

Dr. David Joaquín Delgado Hernández

Toluca, Estado de México 2026

Contenido

RESUMEN 1
INTRODUCCIÓN 4
I. CONTEXTUALIZACIÓN 4
II. PROPÓSITO 6
III. ADELANTO DE LA PROBLEMÁTICA 6
IV. ESTRUCTURA DE LA MEMORIA. 7
V. JUSTIFICACIÓN 8
VI. DESCRIPCIÓN DEL PUESTO 9
VII. PROBLEMÁTICAS IDENTIFICADAS. 10
VIII. METODOLOGÍA 12
CAPÍTULO 1 PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN 15
7.1 Descripción del proyecto 15
7.2 CIMENTACIÓN 16
7.3 ESTRUCTURA METÁLICA PRINCIPAL 25
7.3.1 Columnas 25
7.3.2 Trabes 28
7.3.3 Contravientos verticales 34
7.3.4 Contravientos horizontales 35
7.3.5 Largueros 36
7.3.6 Contra flambeos 37
7.3.7 Puntal de arriostramiento 38
7.3.8 Trabes perimetrales 38
7.3.9 Descripción de los materiales 39
CAPÍTULO 2 PLANEACIÓN Y EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS 42
2.1 Planeación de los trabajos 42
2.2 Preparación 42
2.3 Construcción de la cimentación 45
2.3.1 Trazo y nivelación 45
2.3.2 Excavación y afine 46
2.3.3 Colado de plantilla de concreto 47
2.3.4 Habilitado y armado de acero de refuerzo 48
2.3.5 Habilitado de cimbra 50

2.3.6 Colocación de anclas 52
2.3.7 Colado de concreto 53
2.3.8 Relleno y compactación 55
2.4 Fabricación de la estructura metálica 58
2.4.1 Cuantificación y corte de los materiales 58
2.4.2 Limpieza y armado 60
2.4.3 Aplicación de soldadura 62
2.4.4 Aplicación de Sand blasteo y recubrimientos 63
2.5 Montaje de la estructura metálica principal 67
2.5.1 Montaje de columnas 67
2.5.2 Montaje de trabes, contravientos y puntales de arriostramiento 69
2.5.3 Revisión de torque de la estructura 72
2.6 Notas finales 73
CAPÍTULO 3 LECCIONES APRENDIDAS 76
3.1 Introducción 76
3.2 Teoría de la gestión de proyectos 77
3.3 Etapa de inicio y lecciones aprendidas 79
3.3.1 Aspectos teóricos 79
3.3.2 Aspectos prácticos 79
3.3.3 Recomendaciones 80
3.4 Etapa de planeación y lecciones aprendidas 80
3.4.1 Aspectos teóricos 80
3.4.2 Aspectos prácticos 83
3.4.3 Recomendaciones 84
3.5 Ejecución y lecciones aprendidas 86
3.5.1 Aspectos teóricos 86
3.5.2 Aspectos prácticos 87
3.5.3 Recomendaciones 87
3.6 Control y lecciones aprendidas 89
3.6.1 Aspectos teóricos 89
3.6.2 Aspectos prácticos 90
3.6.3 Recomendaciones 90
3.7 Cierre y lecciones aprendidas 92

3.7.1 Aspectos teóricos 92
3.7.2 Aspectos prácticos 92
3.7.3 Recomendaciones 93
3.8 RESUMEN 95
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 98
IMPACTO DE LA EXPERIENCIA LABORAL. 100
REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA 103
ANEXOS 105
ANEXO 105
ANEXO B 116
ANEXO C 117

RESUMEN

Durante la experiencia profesional, el autor desempeñó dos puestos dentro del desarrollo del proyecto. Inicialmente, ocupó el cargo de auxiliar del Departamento de Control Presupuestal, área encargada del seguimiento y control de los aspectos económicos relacionados con la ejecución de la obra. Entre las principales actividades realizadas se encontraron la elaboración de generadores de obra para la integración de cotizaciones, la elaboración de cuadros comparativos para el análisis de alternativas de proveedores y contratos, el seguimiento de estimaciones semanales, el control de avances físicos y financieros, así como la elaboración de estados de resultados proforma, con la finalidad de conocer y evaluar el comportamiento del proyecto durante sus diferentes etapas de ejecución.

Dentro de las principales problemáticas atendidas en este puesto se encontró la selección de proveedores para el suministro de materiales indispensables para la ejecución del proyecto, particularmente el acero de refuerzo destinado a la cimentación, así como las placas y perfiles de acero requeridos para la fabricación de la estructura metálica. Para ello, se realizaron análisis comparativos considerando aspectos como costos, condiciones de suministro, cantidades requeridas y características de los materiales, con el propósito de identificar las alternativas más convenientes para la empresa.

De igual manera, se participó en el análisis de la distribución y aprovechamiento de las placas de acero requeridas para la fabricación de los diferentes elementos estructurales, tomando como referencia los planos de taller. Este análisis permitió determinar la configuración de compra que generara el menor desperdicio posible de material, contribuyendo así a la optimización de los recursos y a la reducción de costos. Estas actividades proporcionaron información técnica y económica que facilitó la toma de decisiones por parte de los responsables del proyecto, procurando que estas se fundamentaran en datos previamente analizados.

Posteriormente, el autor ocupó el puesto de residente de obra, participando directamente en la fabricación, control y posterior montaje de la estructura metálica. En esta etapa, una de las principales responsabilidades consistió en garantizar la continuidad de los trabajos, procurando que el personal contara oportunamente con los materiales, equipos, herramientas e información necesarios para evitar interrupciones en las actividades de producción y, al mismo tiempo, mantener un ritmo de trabajo adecuado.

Asimismo, se llevó a cabo la supervisión de los trabajos con el objetivo de verificar el cumplimiento de los estándares de calidad establecidos, las especificaciones y restricciones señaladas por el cliente, así como la normativa aplicable al proyecto. Para lograrlo, se implementaron programaciones semanales, se mantuvo una coordinación constante con el equipo de trabajo y se establecieron mecanismos de comunicación efectiva entre las diferentes áreas involucradas. De manera complementaria, se realizó la identificación y atención oportuna de riesgos y situaciones que pudieran afectar el desarrollo de las actividades.

Durante la etapa de montaje de la estructura metálica, el autor también participó en la coordinación del personal y en la resolución de las diferentes problemáticas que se presentaron en campo. Entre estas destacó el desfase existente en la cimentación, situación que representó un reto para la correcta ejecución del montaje y que requirió analizar las condiciones existentes, evaluar alternativas de solución y coordinar las actividades necesarias para evitar afectaciones significativas al programa de obra.

La participación en ambas posiciones generó impactos positivos tanto para el desarrollo del proyecto como para la formación profesional del autor. Desde el punto de vista del proyecto, las actividades realizadas en el área de control presupuestal permitieron sustentar la toma de decisiones mediante información técnica y económica previamente analizada. Esto contribuyó, en determinados conceptos, a obtener reducciones de costos y mejores condiciones de contratación y suministro. Asimismo, el seguimiento de los avances físicos y financieros permitió conocer el comportamiento real del proyecto y compararlo con el programa establecido, facilitando la identificación de desviaciones y, cuando fue necesario, la implementación de acciones de planeación y reprogramación orientadas a recuperar el ritmo de trabajo y alcanzar los objetivos establecidos.

Por otra parte, el control de la producción y fabricación de los elementos metálicos permitió mantener una producción constante y con los niveles de calidad requeridos. Esto favoreció el adelanto de determinadas actividades respecto al programa de obra y permitió iniciar oportunamente trabajos subsecuentes, principalmente los relacionados con el montaje de la estructura. Como resultado, se generaron condiciones favorables para optimizar los tiempos de ejecución y reducir costos asociados a la duración de algunas partidas del catálogo de conceptos.

Finalmente, la experiencia adquirida en ambos puestos tuvo un impacto significativo en la formación profesional del autor, debido a que permitió conocer de manera directa las diferentes etapas que intervienen en el desarrollo de un proyecto de Ingeniería Civil, desde su planeación y control presupuestal hasta su ejecución, supervisión y administración en campo. Asimismo, permitió fortalecer competencias relacionadas con la identificación y prevención de riesgos, la coordinación de equipos de trabajo, el análisis de alternativas y la toma de decisiones ante situaciones imprevistas.

Esta experiencia también permitió integrar y aplicar de manera conjunta los conocimientos adquiridos durante la formación académica, comprendiendo que el ejercicio profesional de la Ingeniería Civil requiere la interacción de diferentes áreas de conocimiento para atender de manera eficiente las necesidades de un proyecto. En este sentido, enfrentar problemáticas reales contribuyó al desarrollo de un criterio profesional más sólido, particularmente en la evaluación de alternativas, la prevención de situaciones adversas y la toma de decisiones oportunas orientadas al cumplimiento de los objetivos técnicos, económicos y temporales establecidos para la obra.

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

I. CONTEXTUALIZACIÓN

La empresa Hnos. Grisi S.A. de C.V., corporación mexicana del sector químico-farmacéutico dedicada a la producción y comercialización de productos naturales para la salud, la belleza, la higiene y la nutrición, ha decidido emprender la construcción de un centro de distribución (CEDIS) en el estado de Hidalgo con el fin de ampliar su cobertura hacia nuevos puntos del mercado nacional e incursionar en el ámbito internacional.

El nuevo CEDIS de Grupo Grisi se ubicará en el municipio de Tepeji del Río de Ocampo, Hidalgo. “En su primera etapa, se planea una superficie cercana a los 40 000 m², desde donde se distribuirán los productos cosméticos y farmacéuticos de la empresa a diversos puntos de consumo en México, así como hacia el exterior, mediante una localización estratégica que facilitará la exportación y fortalecerá su participación en el mercado” (Grisi de Lara, 2024).

Este proyecto representa una inversión relevante en infraestructura, al tiempo que posiciona al estado de Hidalgo como un destino atractivo para la inversión en sectores estratégicos tales como el logístico, ferroviario, automotriz y farmacéutico. Asimismo, implica un impacto positivo para la población del municipio de Tepeji del Río de Ocampo, al representar una fuente importante de empleos directos e indirectos para sus habitantes.

La instalación se localiza dentro del parque industrial Tepeji Park, en Hidalgo, sobre el kilómetro 61 de la autopista México-Querétaro, con coordenadas aproximadas de latitud 19°54′14″ N y longitud 99°20′29″ O, a una altitud de 2 150 msnm. El sitio colinda con Avenida Poniente 2, Norte 9, Eje 12 Poniente 4 y con un terreno adyacente de la empresa GPI.



Figura 1. Ubicación de Tepeji del Río (INEGI,2000).



Figura 2. Fotografía aérea Ubicación del CEDIS (Google maps, 2023).

El parque industrial ofrece ventajas estratégicas relevantes, tales como acceso inmediato por la autopista 57 México-Querétaro, proximidad al Circuito Exterior Mexiquense (a sólo 5 minutos), al Arco Norte (a 25 minutos) y a tan solo 20 km de la caseta de entrada a la Ciudad de México (Tepotzotlán). Estas condiciones logísticas y de infraestructura fueron determinantes para que la empresa optara por llevar a cabo la inversión en dicha ubicación.

Estas consideraciones-logísticas, productivas y regionales conforman el marco que impulsa la ejecución del proyecto del CEDIS de Grupo Grisi, como parte de su estrategia de expansión, posicionamiento competitivo y fortalecimiento de su cadena de distribución.

La empresa Hnos. Grisi S.A. de C.V., debido a su gran crecimiento y expansión a diferentes partes del país se veía en la necesidad de buscar y desarrollar un proyecto estratégico, en este caso la construcción de un CEDIS en el Estado de Hidalgo, con una inversión masiva de aproximadamente 800 millones de pesos. Para que se desarrollarán múltiples actividades en un entorno limpio y seguro, facilitando el almacenamiento de productos o materias primas, llevar un registro, facilitar el inventario, reagrupamiento de la mercancía y direccionamiento hacia otros lugares. El encargado de llevar a cabo el diseño, tomando en cuenta los requerimientos y las recomendaciones de las operaciones, utilizando la asignación y distribución de espacios fue Grupo SACMAG empresa dedicada a la ingeniería, consultoría y supervisión de proyectos con más de 65 años de experiencia, posicionada como una de las más reconocidas en México y Latinoamérica la cual ofrece un conjunto amplio de servicios para proyectos de infraestructura, construcción, industria, energía y medio ambiente.

La empresa encargada de desarrollar y llevar a cabo la construcción del proyecto fue la Empresa X S.A de C.V. (Con la que colabora el autor) es una constructora especializada en infraestructura, especialmente en carreteras, puentes y transporte, además de infraestructura vial, construyen naves industriales, escuelas, hoteles, hospitales y oficinas. Tiene una visión sólida de calidad y tecnología en la construcción.

El proyecto inició en octubre de 2024, con trabajos de terracerías, cortes y movimientos de tierras, realización de terraplenes para el posterior desarrollo del almacén general y demás obras, como construcción de los edificios que conforman en su totalidad el CEDIS. Durante este tiempo también se dio inicio con el levantamiento de muros de contención y bardas perimetrales para delimitar el espacio de la nave, además de realizar el recubrimiento de los taludes e iniciar con la construcción de las principales obras pluviales y de drenaje.

Cabe recalcar que los procesos donde el autor fue participe son:

- Construcción de la cimentación del almacén general.
- Fabricación de la estructura metálica principal.
- Montaje de la estructura metálica.

La participación fue únicamente en la construcción y control, más no en el diseño ni en la realización de estudios preliminares para ninguno de los procesos.

Una vez concluidos los procesos de movimiento de tierras y teniendo un gran avance en las obras pluviales y de drenaje, en enero de 2025 comenzó la construcción de la cimentación.

A su vez se inició con el suministro del material previsto para la fabricación de la estructura metálica principal del Almacén, proceso que fue realizado en la planta de prefabricados que tenía con anterioridad la constructora debido a su participación en la producción de trabes para el acceso al Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles (AIFA), ubicada en: Tonanitla-Entronque Circuito Exterior Mexiquense, 55767, Ciudad de México, México. Ubicación que presentaba cercanía con el Parque industrial Tepejí Park (Tiempo de traslado 45 minutos aproximadamente.).

A continuación, se expone el propósito de esta memoria, así como la forma en la que este sustenta la aplicación de la formación práctica de ingeniería.

II. PROPÓSITO

El presente documento tiene como propósito sustentar la evaluación profesional para la obtención del título de Ingeniero Civil, mediante la exposición y análisis de las actividades desarrolladas durante la participación en proyectos de construcción. Asimismo, busca evidenciar la aplicación práctica de los conocimientos, habilidades y competencias adquiridas durante la formación académica, particularmente en los ámbitos de los procesos constructivos y la administración profesional de proyectos.

A través de la descripción y análisis de las experiencias profesionales, se pretende establecer la relación entre los conocimientos adquiridos durante la formación universitaria y su aplicación en situaciones reales de obra, considerando aspectos técnicos, administrativos y de control que intervienen en el desarrollo de un proyecto de construcción.

III. ADELANTO DE LA PROBLEMÁTICA

Durante el desarrollo de los trabajos correspondientes a la cimentación y a la estructura metálica principal, el autor, en conjunto con el equipo de trabajo, enfrentó diversas

problemáticas que requirieron de una adecuada coordinación, planeación y toma de decisiones para evitar afectaciones al programa de obra.

En la etapa de cimentación, una de las principales dificultades se presentó debido a la capacidad limitada para la prestación de los servicios de laboratorio. El personal disponible no era suficiente para atender oportunamente la cantidad de pruebas requeridas en los diferentes frentes de trabajo. Esta situación generaba periodos de espera durante las actividades de compactación, debido a que era necesario contar con los resultados de las pruebas correspondientes a la capa previamente ejecutada para poder continuar con las actividades subsecuentes.

Ante esta situación, fue necesario fortalecer la planeación y coordinación con el personal del laboratorio, estableciendo una programación de las pruebas de acuerdo con el avance de los diferentes frentes de trabajo. Esta medida permitió reducir los tiempos de espera y evitar, en la medida de lo posible, interrupciones que pudieran generar atrasos en el programa de obra.

La problemática de mayor relevancia abordada en la presente memoria se presentó durante la etapa de montaje de la estructura metálica principal. Debido a un desfase existente en la cimentación, los marcos rígidos presentaron dificultades para cerrar y realizar correctamente las conexiones previstas. Esta situación representó un reto considerable, debido a que para ese momento ya se contaba con la totalidad de los elementos de acero fabricados, por lo que cualquier modificación debía considerar las condiciones reales de los elementos existentes, así como garantizar la correcta conexión y continuidad de la estructura.

Ante esta problemática, el autor, en conjunto con el equipo de trabajo, analizó las condiciones existentes y determinó como alternativa de solución la colocación de placas adicionales sobre las placas de conexión. Estas placas, de diferentes espesores y dispuestas de manera gradual a lo largo del claro, permitieron compensar el desfase existente y facilitar el cierre de los marcos rígidos, procurando mantener las condiciones necesarias para efectuar correctamente las conexiones entre los elementos estructurales.

La atención de estas problemáticas permitió al autor aplicar conocimientos adquiridos durante su formación académica y, al mismo tiempo, desarrollar criterios de análisis y toma de decisiones ante situaciones que no siempre pueden ser previstas durante la etapa de planeación. Asimismo, evidenció la importancia de mantener una adecuada coordinación entre las diferentes áreas y participantes involucrados en la ejecución de un proyecto de construcción. A continuación, se presenta la estructura y composición de la presente memoria.

IV. ESTRUCTURA DE LA MEMORIA.

El presente documento se encuentra organizado en 3 capítulos. En el primero se describe el proyecto de construcción, mostrando las diferentes áreas que conforman el CEDIS, los materiales a utilizar y las características son las que deben de cumplir, La forma en la que la empresa “X” realizó con éxito la construcción de la cimentación y la fabricación de la estructura metálica principal para el almacén general. En este apartado se muestran planos,

cortes, detalles, boletines que surgieron durante la construcción debido a cambios, en fin, todos los elementos necesarios para poder llevar a cabo la ejecución de ambos procesos en tiempo y con la calidad establecida.

En el segundo capítulo se describe la planeación, control y ejecución de los trabajos realizados durante todo el proyecto de una manera detallada con el apoyo de fotografías para lograr en los lectores interesados una mayor comprensión de todo el proceso implicado en construcciones de tipo industrial, asimismo, se incluye una sección desde la perspectiva personal del autor, donde se relatan las actividades realizadas, los retos enfrentados y las lecciones aprendidas, con el objetivo de que estas experiencias resulten útiles para otros lectores interesados en memorias profesionales similares.

En el tercer capítulo queda expuesta la forma en la que se administró el proyecto, mostrando en forma de una comparativa, de lo que indica la teoría, lo realizado en la práctica y recomendaciones por parte del autor donde se resaltan aciertos, errores y la importancia de la correcta gestión de proyectos. Se identifican también oportunidades de mejora que los lectores pueden considerar en sus propios proyectos.

En esta sección se describe la metodología, las estrategias y las soluciones desarrolladas para resolver las problemáticas encontradas durante la obra. El autor considera este como el capítulo más significativo de la memoria, pues recoge experiencias prácticas difíciles de encontrar en la bibliografía académica y técnica.

Finalmente, se presentan las conclusiones derivadas del análisis del proyecto, así como recomendaciones basadas en la experiencia del autor. Estas sugerencias están dirigidas a profesionales que participen en obras industriales similares o que enfrenten retos análogos, con la intención de que puedan tomar como referencia las estrategias y soluciones implementadas en esta memoria.

V. JUSTIFICACIÓN

La presente memoria tiene como objetivo principal describir de forma detallada el proceso constructivo de la cimentación, abarcando desde la excavación inicial hasta la entrega formal y liberación del elemento estructural. En este relato se documentan también las dificultades encontradas durante la obra y las estrategias empleadas para resolverlas.

Asimismo, se expone el procedimiento constructivo de la estructura metálica principal del almacén general, iniciando con el corte de los materiales, pasando por el recubrimiento y hasta la logística utilizada para su montaje. En este apartado se destacan tanto los aciertos como los errores identificados, así como las soluciones aportadas por el autor y los colaboradores involucrados.

Se da especial énfasis a la importancia de una adecuada planeación dentro de la ingeniería y la construcción. En este sentido, se pretende que profesionales y estudiantes tomen en consideración todos los factores relevantes al desarrollar un proyecto: la programación de actividades, el establecimiento de fechas de entrega y la planeación detallada, con el fin de

materializar los trabajos en tiempo, forma y con la calidad esperada, resultando en estructuras seguras y bien construidas.

De igual modo, se subraya la trascendencia de realizar un trabajo topográfico preciso. La topografía es fundamental para asegurar la exactitud de trazos, niveles y longitudes; errores en esta fase pueden comprometer seriamente el desarrollo de etapas posteriores, tal como ocurrió en este proyecto, donde deficiencias topográficas impactaron negativamente tanto en la cimentación como en el montaje de la estructura metálica.

Principalmente, la memoria está dirigida a: (1) Estudiantes de carreras afines a la construcción, como una aproximación práctica a la gestión real de un proyecto de ingeniería, incluso sin una extensa experiencia laboral, (2) A los profesionistas, contratistas y constructores, interesados en consultar procesos constructivos, lecciones aprendidas, y soluciones aplicadas a problemas recurrentes en obras industriales, y (3) A la rama de académicos que imparten materias de: Diseño de estructuras de concreto, diseño de estructuras de acero, supervisión de obra, administración de la construcción, para que tengan ejemplos del procedimiento constructivo, correcto control, revisión de estándares de calidad y como estos pueden llegar a impactar en el desarrollo de proyectos de ingeniería.

VI. DESCRIPCIÓN DEL PUESTO

Durante la estancia del autor en la empresa, este se desarrolló en 2 puestos, primeramente, como auxiliar técnico en el departamento de control presupuestal, esto por aproximadamente 4 meses. Las actividades realizadas fueron: desarrollo de números generadores, volúmenes de obra, control de estimaciones de contratos y sub contratos, ejecución de avances físicos de obra, así como avances financieros y el desarrollo de estados de resultado proforma.

En el resto de la estadía se desarrolló como residente de obra en la fabricación y montaje de la estructura metálica, donde ejecutaba diversas tareas como lo son: realización de requisiciones de material, control y manejo de personal, realización de programas semanales, planeación y logística para el transporte de elementos metálicos, coordinación de actividades de montaje, seguimientos de avances físicos y financieros, el adecuado manejo y programación de actividades con contratistas externos y revisión de estimaciones semanales. A continuación, en la Figura 3 se observa un organigrama de la empresa, resaltando los puestos ocupados por el autor.

El puesto ocupado fue de inicio a fin de ambos procesos constructivos, tanto la cimentación como la fabricación de la estructura metálica, lo cuál abarca de enero del año 2025 a agosto del mismo año.

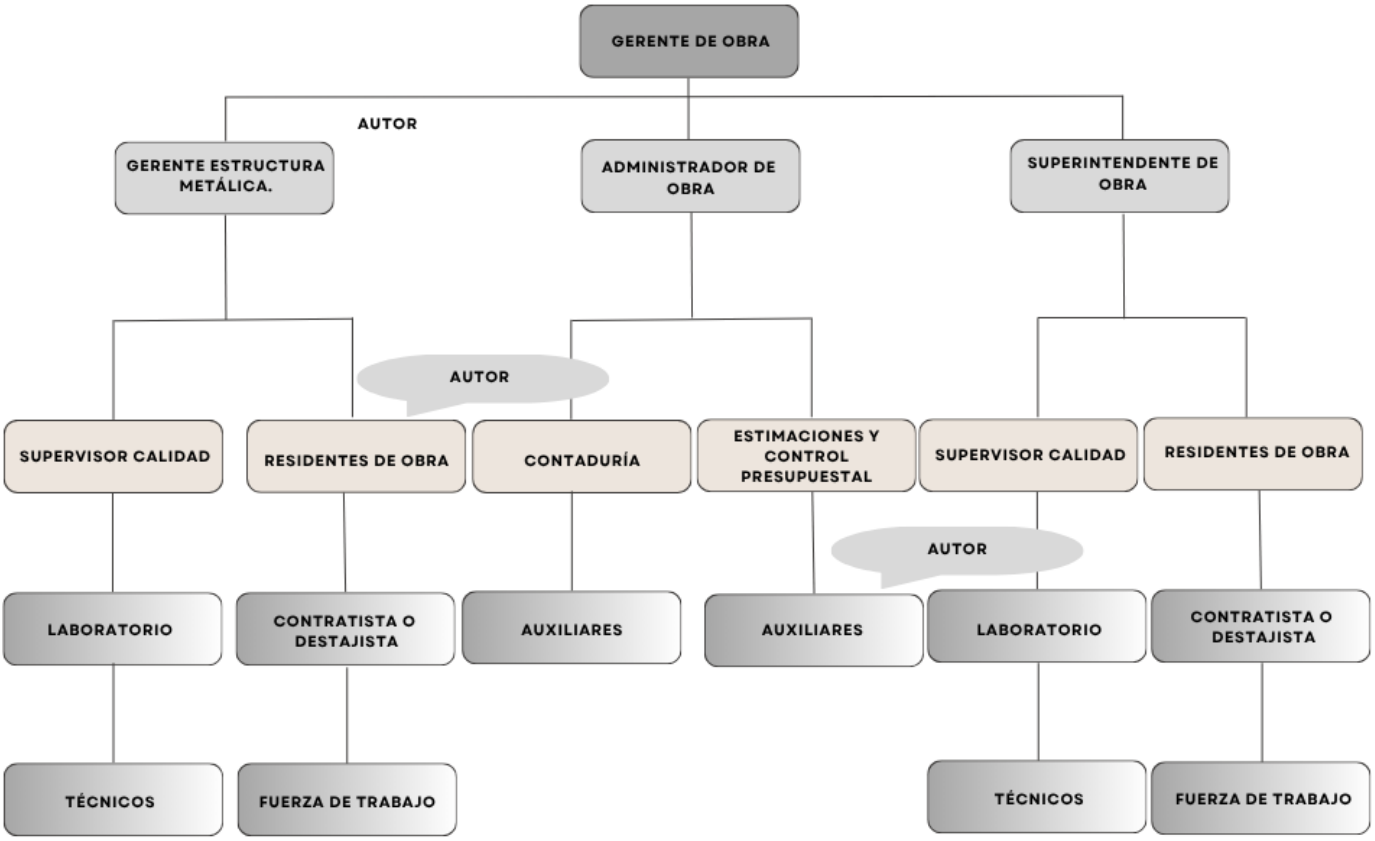


Figura 3. Diagrama organizacional de la empresa “X”.

Una vez definido el puesto y actividades del autor se presentan las problemáticas enfrentadas durante ambos procesos.

VII. PROBLEMÁTICAS IDENTIFICADAS.

La intervención del autor fue de gran ayuda en ambos procesos para poder cumplir en tiempo y forma con el desarrollo y termino tanto de la cimentación como de la fabricación de la estructura metálica principal teniendo un control y estándares de calidad buenos y favorables durante dichos procesos. Las principales problemáticas enfrentadas surgen de errores por parte de la topografía, ya que debido al mal planteamiento de distancias y niveles hubo un desfase que se presentó desde la cimentación y arrastró a dificultades en el montaje de la estructura metálica principal. De igual forma surgieron muchos inconvenientes debido a constantes cambios en el proyecto en algunas etapas ya avanzadas que hacían más complejo el proceso y a su vez alentaban los trabajos, asimismo se presentaron más adversidades a lo largo del desarrollo del proyecto que serán presentadas con base en las diferentes áreas competentes.

Topografía.

SITUACIÓN: La brigada de topografía realizó todos los trazos correspondientes, ejes, longitudes, además, proporcionaron niveles para hacer las excavaciones, posicionamiento del armado del acero, cimbrado y posterior colado de todas las zapatas (Aisladas en este caso).

PROBLEMA: Debido a la des calibración de equipos, desfases o posibles errores humanos se tuvo un desfase en la cimentación de aproximadamente 9 cm a lo largo de toda la nave, lo que fue un gran problema al momento de realizar el montaje de las trabes metálicas ya que en los últimos ejes las columnas tenían que desplomarse para alcanzar a conectarse.

SOLUCIÓN DADA POR EL AUTOR: Se recomendó para los elementos ya fabricados colocar placas de diferentes espesores en forma de peines según lo requiriera el eje entre las placas conexiones para que a lo largo de todas las trabes metálicas se perdiera ese desfase de la cimentación y la conexión no interviniera con el plomeo o nivelación de las columnas, para las trabes faltantes de fabricar se les solicitó a los trabajadores dejar las piezas hasta 5 mm más largas de lo establecido en planos de taller.

MODIFICACIONES DE PROYECTO.

SITUACIÓN: El proyecto después de su aprobación y durante su ejecución tuvo revisiones donde se realizaban cambios constantes debido a situaciones no contempladas en su debido momento.

PROBLEMÁTICA: Los cambios otorgados por el proyectista tardaban más de lo esperado e incluso llegaban ya una vez ejecutado un porcentaje de los trabajaos, lo que se veía reflejado en modificaciones y retrabajos a elementos ya avanzados, lo cual se traducía en sobrecostos para el concepto de trabajo.

SOLUCIÓN DADA POR EL AUTOR: Organizar y distribuir al personal de una manera eficiente donde no solo se regresará a hacer las modificaciones, sino que a su vez se siguiera trabajando con nuevos elementos con las observaciones realizadas por el proyectista para que así no se detuviera el avance para no generar desviaciones de programa de obra.

SERVICIO DE LABORATORIO.

SITUACIÓN: Los ensayes requeridos en la etapa de cimentación fueron demasiados ya que se cuenta con un total de 164 zapatas a lo largo de la nave, más las trabes de liga que interconectaron perimetralmente la cimentación, ensayos entre los cuales se encuentran pruebas de revenimiento al concreto, de resistencia a la compresión y Proctor estándar.

PROBLEMÁTICA: El personal con el que contaba el equipo de laboratorio no abastecía el avance que se tenía con respecto a los trabajos, lo cual se reflejaba en detener los trabajos como la compactación por capas del terreno natural por falta de resultados sobre si la capa colocada con anterioridad cumplía con la compactación requerida, de igual manera el rechazo de algunas ollas de concreto debido a que el tiempo de espera una vez llegada a sitio excedía el permitido y el revenimiento de la prueba ya no cumplía con los estándares de calidad.

SOLUCIÓN DADA POR EL AUTOR: Organizar los trabajos de tal manera que nunca se tuviera detenido al equipo de trabajo, buscar actividades que se pudieran realizar mientras el servicio de laboratorio proporcionaba los resultados de la prueba. Por ejemplo, si aún no se contaba con la aprobación de la compactación de una capa del terreno, se sugería realizar actividades como afine de la excavación, habilitado o armado de acero, o cimbrado de algún otro elemento. Esto permitía tener avance de obra. Además de contar con una mayor comunicación con el laboratorio para cuando se realizarán programaciones del concreto.

Como se puede observar, es notoria la participación del autor en la resolución de problemas surgidos en el desarrollo de la obra. En este sentido siempre se buscó seguir el programa de obra, apegarnos a lo indicado por el proyectista y por la supervisión para contar con una edificación que cumpliera en tiempo y forma además de con todos los estándares de calidad establecidos por el cliente.

VIII. METODOLOGÍA

En este apartado se presenta el proceso constructivo utilizado para llevar a cabo ambas especialidades.

- Enero 2025: El equipo de topografía una vez ya teniendo el terraplén da inicio con la realización de los trazos para las excavaciones de cada una de las zapatas y las trabes de liga del almacén general. Cabe recalcar que la excavación tenía un adicional que en promedio contaba con 60 cm perimetral de holgura para poder realizar los trabajos de armado, cimbrado y colado además de la compactación.
- Enero 2025: Se da inicio con el corte y habilitado de todas las piezas correspondientes a las columnas metálicas, desde la placa base, el alma, los patines, placas de conexión y accesorios.
- Febrero-mayo 2025: Se da inicio con 2 frentes de trabajo, uno dedicado a lo que respecta a la nave 1 con 88 zapatas y 3 tipos de trabe de liga, otro encargado de la nave 2 con 76 zapatas y 3 tipos de trabes de liga (aquí colaboró el autor), Las zapatas contaban con 9 distintas variantes, se realizó desde la excavación por medio de maquinaria, hasta la compactación o relleno del elemento.
- Febrero-junio 2025: Se concluye con la fabricación de todas las columnas, desde las que componen la nave 1 y 2 y se realiza el montaje de estas en obra.
- Febrero-julio 2025: Se da Inicio y se concluye con la fabricación de las trabes metálicas y demás elementos complementarios del almacén general como lo son: contravientos verticales y horizontales, montenes de cubierta y de fachada, contra flambeos, puntales de arriostramiento y trabes perimetrales.
- Junio- agosto 2025: Se comienza con el montaje de los demás elementos estructurales a forma de módulos, donde se unían varias trabes en el suelo, con montenería y respectivos flambeos para facilitar la colocación de elementos y tornillería y disminuir las actividades en alturas.

Se recalca que, durante ambos procesos constructivos y las problemáticas emergentes en la obra, los trabajos siempre fueron ejecutados con la técnica, limpieza y calidad exigidas por

el proyecto y el cliente, acreditando con las pruebas de calidad pertinentes realizadas a cada elemento tanto de la cimentación como de la estructura metálica principal. Además, cabe mencionar que todos los cambios que surgían por parte del proyectista fueron respetados y llevados a cabo tal cual lo marcaban las especificaciones y planos compartidos por el mismo proyectista.

Este enfoque además de brindar tranquilidad nos otorga la certeza de que la estructura construida va a ser de calidad y segura para todos los usuarios que tengan interacción con ella a lo largo de los años, ya que se respetaron todos los procesos, se contó con material de calidad y en donde se requería con certificados que aseguraran la calidad de este como lo es en las placas de acero usadas en la estructura metálica.

En lo que conlleva a la correcta organización y buena comunicación con el equipo del trabajo el autor tuvo que emplear habilidades tanto directivas como administrativas para siempre tener un buen ritmo de trabajo y buena producción, asimismo, nunca detener actividades ya que debido al gran número de zapatas, si una actividad como cimbrado, colado o compactación de un elemento no podía realizarse debido a cuestiones de topografía o laboratorio, se buscaba la forma de realizar alguna otra como habilitado de acero, armado del mismo, afine de la excavación o colado de plantillas para las demás zapatas.

Además, se tuvo tener una muy buena comunicación y programación con los fabricantes de la estructura metálica. Para que, en cuanto se tuvieran listos los elementos, con su liberación por parte del equipo de laboratorio, la zapata correspondiente ya contara con el adecuado curado y su adecuada resistencia, se pudiera proceder con el montaje de la columna metálica.

Razón por la cual, fue clave iniciar con ambos procesos casi al mismo tiempo, para reducir los tiempos de espera y ambos procedimientos pudieran avanzar a la par para no generar retrasos con el programa de obra y poder cumplirlo en tiempo y forma.

Las actividades realizadas fueron múltiples, cada una con su grado de complejidad y precisamente es el objetivo de la memoria documentar y describir además de los procesos, las experiencias vividas por el autor conforme la siguiente estructura.

CAPÍTULO 1

CAPÍTULO 1 PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN

El proyecto a desarrollar es una nave industrial en el estado de Hidalgo municipio de Tepeji del Río para la empresa Hermanos GRISI, el cuál consta de diferentes áreas que serán descritas a continuación, la edificación es de tipo industrial y será usada principalmente para distribuir la mercancía y materias primas a diferentes partes del país. Este capítulo describe a detalle lo que compone el proyecto, centrándose en la cimentación y estructura metálica principal, los elementos que conforman cada área, las características de los materiales a utilizar, el proceso constructivo a seguir, así como también las dimensiones y características de cada parte tanto de la cimentación como de la estructura metálica.

7.1 Descripción del proyecto

La edificación se compone por diferentes áreas entre las cuales se encuentran: el almacén general, subdividido en nave 1 y nave 2, un área de maquila, farmacología, un cobertizo de carga de baterías, cuarto de residuos, subestación eléctrica, oficinas centrales, patio de maniobras para la carga y descarga de los productos, contando con 2 accesos cada uno controlado por una caseta de vigilancia, con áreas de estacionamiento y vialidades. En la figura 1 se muestra la distribución en planta de las zonas que componen el proyecto.

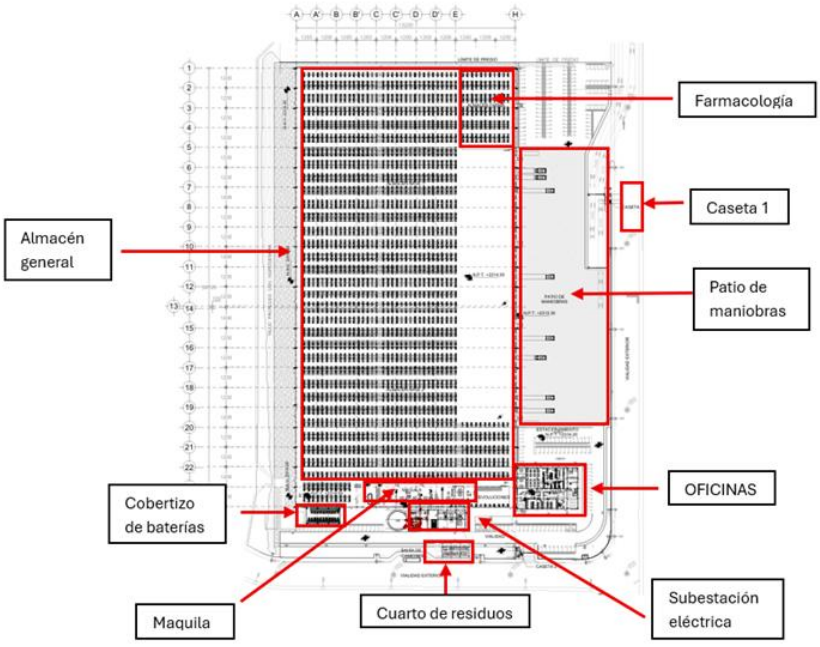


Figura 1.1 Planta en conjunto layout general. (Proyecto 7034, plano ARQ-01)

Las dimensiones del almacén general son las siguientes, cuenta con un ancho de 132 m, dividido en 13 ejes: (A, A´, B, B´, C, C´, D, D´, E, F, G Y H) con una distancia entre ejes de 12 m. La longitud de este es de 265 m, considerando un total de 24 ejes, del 1 al 24 con separaciones de 12 m igualmente. Lo que respecta solo al almacén general cuenta con un área de 34,980 m^2, este a su vez se divide en 2 naves, la nave 1 que abarca del eje 1-13 y de los ejes A-H y la nave 2 que respecta del eje 14-24 de los ejes A-H. Cabe mencionar que la división entre las naves 1 y 2 es de 1 m de separación entre ejes (ver figura 1.2). En lo que

respecta al soporte de la estructura, en el siguiente apartado se describen los detalles de la cimentación.

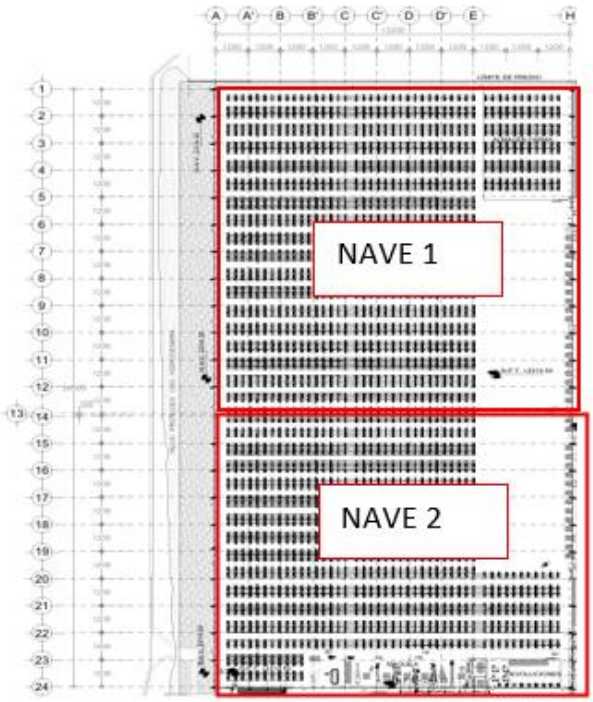


Figura 1.2 Planta almacén general. (Proyecto 7034 plano ARQ-01).

7.2 CIMENTACIÓN

El almacén cuenta con un sistema a base de zapatas aisladas que se interconectan con trabes de liga perimetralmente. En total son 9 diferentes tipos de zapatas, entre las cuales se rota entre 4 diferentes tipos de dados, el D1, D2, D3 y D4. El total de zapatas es de 164, 88 para la nave 1 y 76 para la nave 2. A continuación se muestra la distribución de la nave 1 y 2.

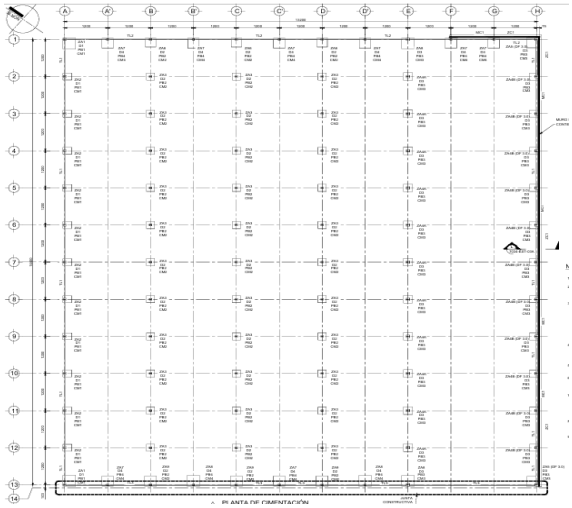


Figura 1.3 Planta cimentación nave 1 (Proyecto 7034, plano EST-01).

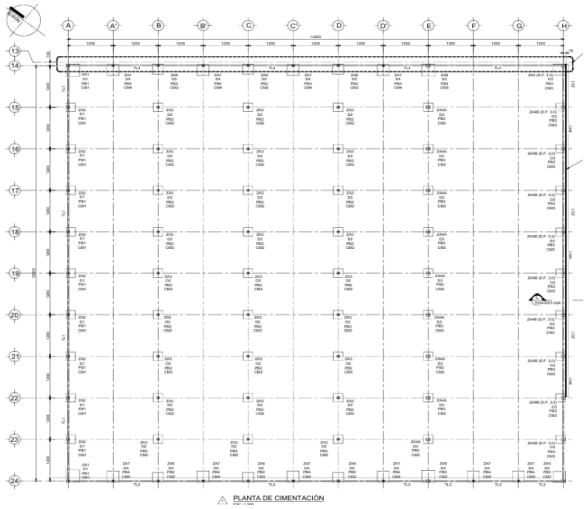


Figura 1.4 Planta cimentación (Proyecto 7034, plano EST-02).

Entre los dados existentes se tienen 4 tipos. El dado D1 con una longitud de 70 cm y un ancho de 80 cm compuesto por 14 varillas longitudinales del #6 y 3 diferentes estribos de varilla del #3 a cada 20 cm. El dado D2 con dimensiones de 60 cm x 70 cm conformado de 14 varillas longitudinales del #5 y 3 diferentes estribos de varilla del #3 a cada 20 cm. El dado D3 con dimensiones de 100 cm x 80 cm conformado de 20 varillas longitudinales del #6 y 3 diferentes estribos de varilla del #3 a cada 20 cm y por último el dado D4 de 65 cm x 65 cm, con 10 varillas longitudinales del #5, 2 estribos de varilla del #3 y una grapa a cada 20 cm. En la figura 1.5 se muestran los dados descritos.

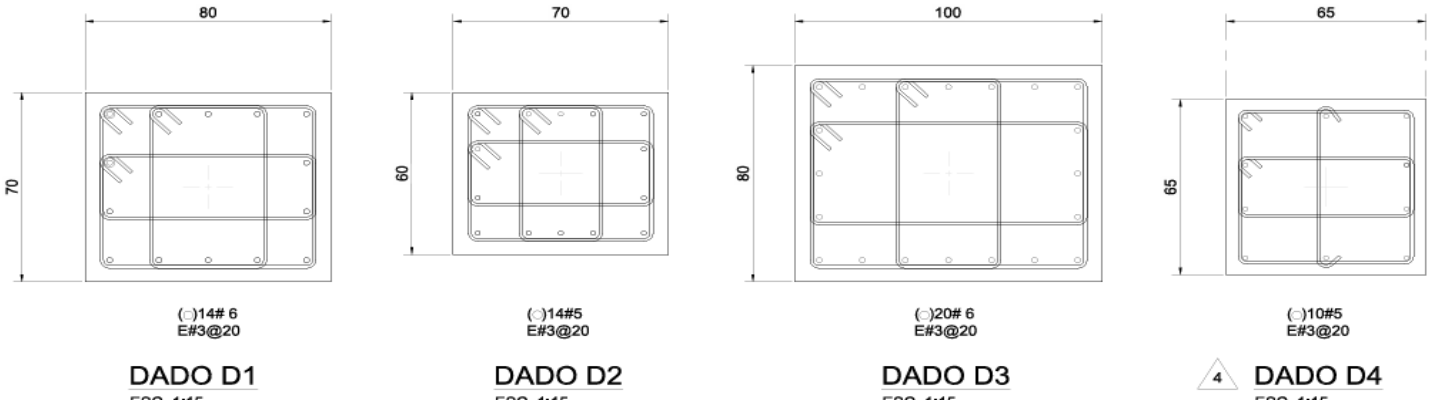


Figura 1.5 vista en planta de dados de cimentación almacén general (Proyecto 7034, plano EST-04).

Ahora bien, el proyecto cuenta con 9 variantes para las zapatas descritas a la brevedad.

- ZA1, elemento de esquina de 3.55 m x 3.55 m con un dado D1, conformado de una parrilla con varillas del #5 tanto en la parrilla inferior como en la superior a cada 15 cm tanto longitudinal como transversalmente. Cuenta con una altura de parrilla de 50 cm y un alto final del elemento de 1.6 m. Total de elementos en el almacén: 4 piezas.

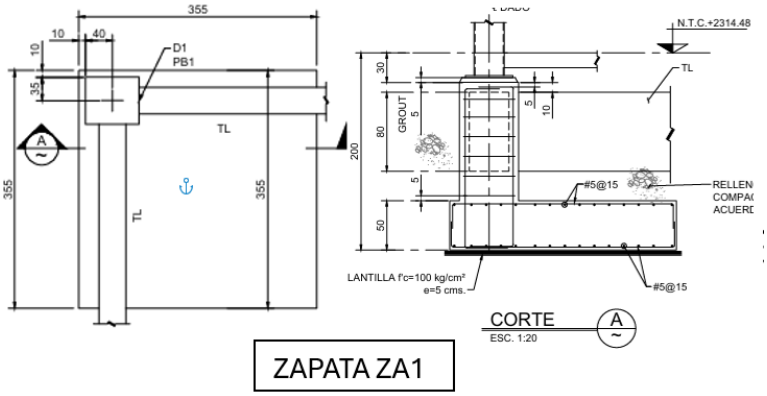


Figura 1.6 Zapata ZA1 vista en planta y corte de detalle. (Proyecto 7034, plano EST-03).

- ZA2, elemento perimetral de 2.20 m x 2.50 m, con un dado D1, conformado de una parrilla con varillas del #5 tanto en la parrilla inferior como en la superior, en la

superior a una separación de 20 cm y en la parrilla inferior a una separación de 15 cm tanto longitudinal como transversalmente. Cuenta con una altura de parrilla de 40 cm y un alto final del elemento de 2.0 m. Total de elementos en almacén: 20 piezas.

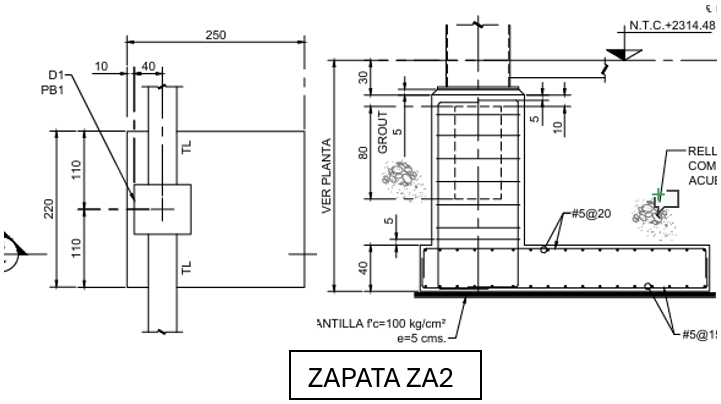


Figura 1.7 Zapata ZA2 vista en planta y corte de detalle. (Proyecto 7034, plano EST-03).

- ZA3, elemento central de 2.30 m x 2.30 m, con un dado D2, con una parrilla en la parte superior con varillas del #4 a cada 15 cm y en la parrilla inferior varillas del #5 a cada 15 cm, con una altura de parrilla de 40 cm y un alto final del elemento de 2.0 m. Total de elementos en almacén: 60 piezas.

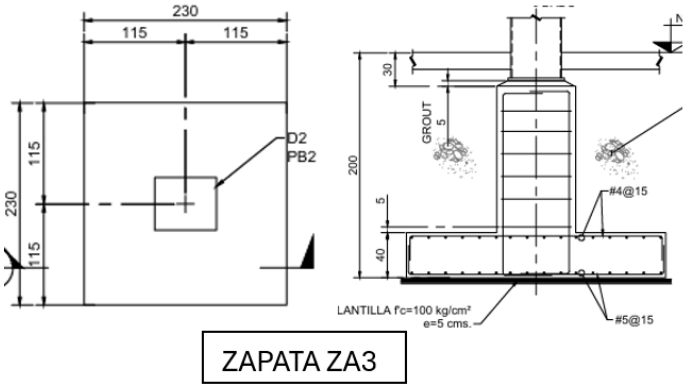


Figura 1.8 Zapata ZA3 vista en planta y corte de detalle. (Proyecto 7034, plano EST-03).

- ZA4A, elemento central de 2.50 m x 2.50 m, con un dado D3, con una parrilla superior con varilla del #4 a cada 15 cm y la parrilla inferior con varilla del #5 a cada

15 cm, con una altura de parrilla de 40 cm y una altura final del elemento de 2.0 m. Total de elementos en almacén: 20 piezas.

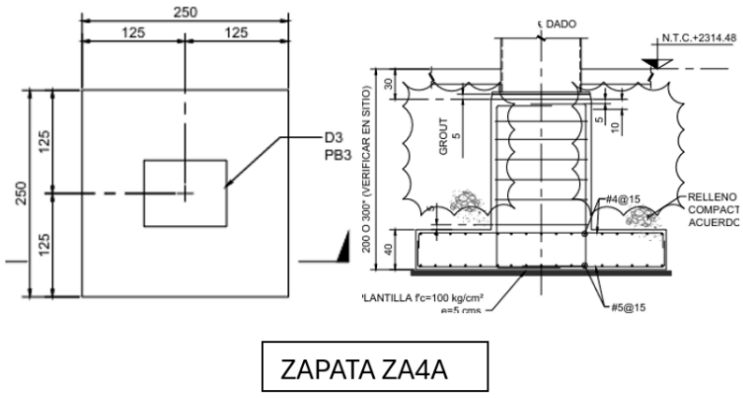


Figura 1.9 Zapata ZA4A vista en planta y corte de detalle. (Proyecto 7034, plano EST-03).

- ZA4B, elemento perimetral de 2.50 m x 2.30 m, con un dado D3, con una parrilla superior con varilla del #5 a cada 20 cm y la parrilla inferior con varilla del #5 a cada 15 cm, con una altura de parrilla de 40 cm y una altura final del elemento de 3.0 m. Total de elementos en almacén: 20 piezas.

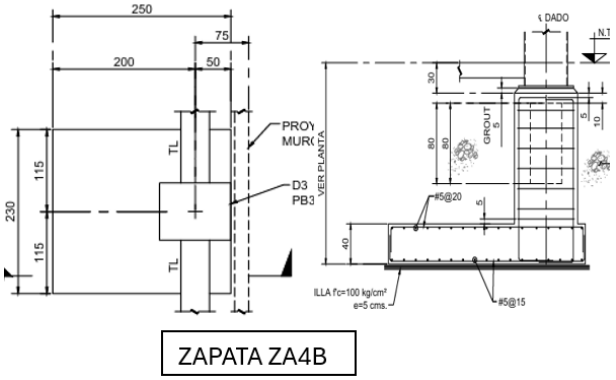


Figura 1.10 Zapata ZA4B vista en planta y corte de detalle. (Proyecto 7034, plano EST-03).

- ZA5, elemento de esquina de 3.20 m x 3.34 m, con un dado D3, con una parrilla superior con varilla del #5 a cada 20 cm y la parrilla inferior con varilla del #5 a cada 15 cm, con una altura de parrilla de 60 cm y una altura final del elemento de 2.10 m. Total de elementos en almacén: 4 piezas.

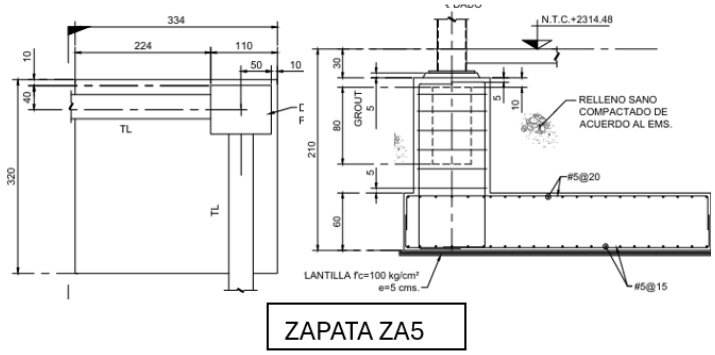


Figura 1.11 Zapata ZA5 vista en planta y corte de detalle. (Proyecto 7034, plano EST-03).

- ZA6, elemento perimetral de 2.90 m x 2.90 m, con un dado D2, con una parrilla superior con varilla del #5 a cada 20 cm y la parrilla inferior con varilla del #5 a cada 15 cm, con una altura de parrilla de 60 cm y una altura final del elemento de 2.0 m. Total de elementos en almacén: 9 piezas.

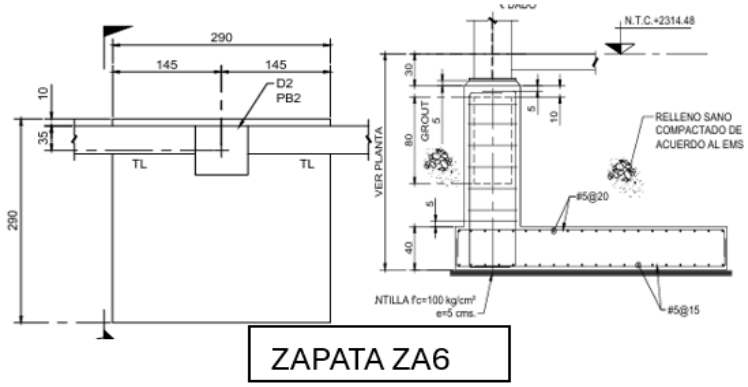


Figura 1.12 Zapata ZA6 vista en planta y corte de detalle. (Proyecto 7034, plano EST-03A).

- ZA7: elemento perimetral de 3.20 m x 3.20 m con un dado D4, con una parrilla superior e inferior con varilla del #5 a cada 15 cm, con una altura de parrilla de 50 cm y una altura final del elemento de 2.0 m. Total de elementos en almacén: 18 piezas.

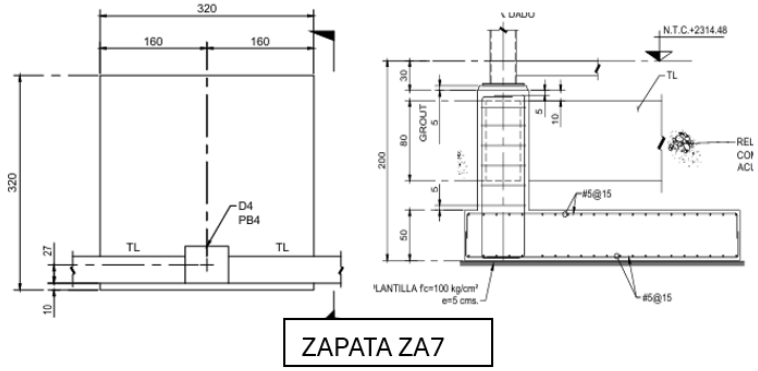


Figura 1.13 Zapata ZA7 vista en planta y corte de detalle. (Proyecto 7034, plano EST-03A).

- ZA8: elemento perimetral de 3.50 m x 3.50 m, con un dado D3, con una parrilla superior e inferior con varilla del #5 a cada 15 cm, con una altura de parrilla de 60 cm y una altura final del elemento de 2.1 m. Total de elementos en almacén: 6 piezas.

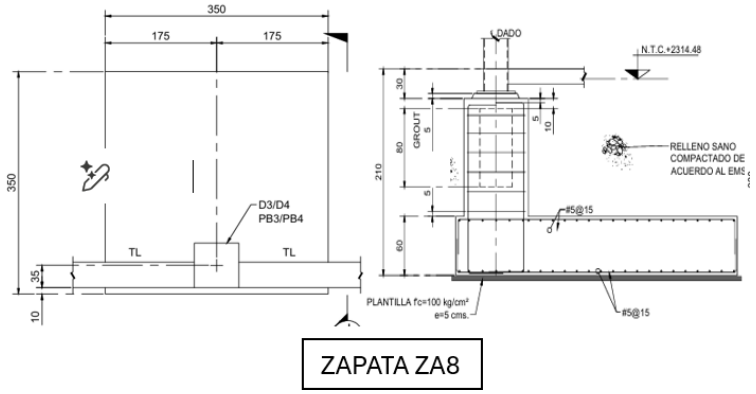


Figura 1.14 Zapata ZA8 vista en planta y corte de detalle. (Proyecto 7034, plano EST-03A).

- ZA9: elemento perimetral de 3.30 m x 3.30 m, con un dado D2, con una parrilla superior e inferior con varilla del #5 a cada 15 cm, con una altura de parrilla de 60 cm y una altura final del elemento de 2.1 m. Total de elementos en almacén: 3 piezas.

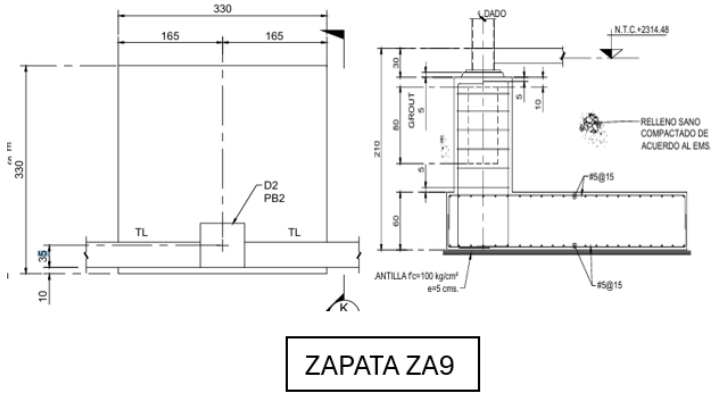


Figura 1.15 Zapata ZA9 vista en planta y corte de detalle. (Proyecto 7034, plano EST-03A).

Para interconectar las zapatas que se encuentran perimetralmente en ambas naves, se construyeron trabes de liga. Ambas naves tienen 3 tipos de trabe de liga, descritas a continuación.

- Trabe de liga 1: es una sección de 80 cm x 40 cm, conformada de 8 varillas del #5, 4 en la parte superior y 4 en la inferior, con 4 varillas del #3 en el centro, con estribos del #3 a una distancia de 15 cm de separación. Este elemento se encuentra en el eje A y H, del eje 1-13 para la nave 1 y en los ejes A y H, del eje 14-24 para la nave 2



Figura 1.16 Trabe de liga 1 sección y corte de detalle. (Proyecto 7034, plano EST-04).

- Trabe de liga 2: es una sección de 80 cm x 40 cm, compuesta de 6 varillas del #5, 3 en la parte superior y 3 en la parte inferior, con 4 varillas del #3 en la parte central, además de contar con reforzamientos en forma de bastones con una longitud de 3.6 m antes y después de la intersección con un eje, con estribos de varilla del #3 a una separación de 15 cm de distancia, este elemento va del eje A-H y se presenta en la nave 1 en el eje 1 y en la nave 2 en el eje 24.



Figura 1.17 Trabe de liga 2 sección y corte de detalle. (Proyecto 7034, plano EST-04).

- Trabe de liga 3: Es sección de 80 cm x 40 cm, compuesta de 12 varillas del #5, 6 en la parte superior y 6 en la parte inferior, con 4 varillas del #3 en la parte central, además de contar con reforzamientos en forma de bastones con una longitud de 3.6 m antes y después de la intersección con un eje, con excepción de los ejes F y G, con estribos de varilla del #3 a una separación de 15 cm de distancia, este elemento va del eje A-H y se presenta en la nave 1 en el eje 13 y en la nave 2 en el eje 14.



Figura 1.18 Trabe de liga 3 sección y corte de detalle. (Proyecto 7034, plano EST-04).

Finalmente, los elementos encargados de hacer la conexión y posibilitar la construcción mixta de estructuras de concreto con estructura metálica son las anclas. Para este caso se tienen 4 tipos, cada uno para los 4 dados existentes en las zapatas. Estos son AN-1, AN-2, AN-4 y AN-5, como se describe enseguida:

- AN-1: hecha de un redondo liso macizo de 7/8” (22mm), con una longitud total de 470 mm con 100 mm de rosca tanto en la parte superior como en la inferior, utilizadas para los dados tipos D1, con solo 4 anclas por dado, con una distribución de acuerdo con la placa base 1 PB1.

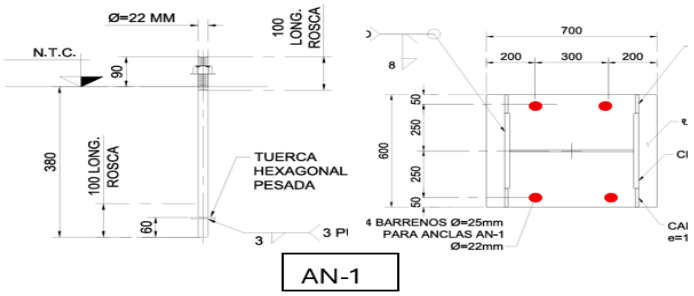


Figura 1.19 Ancla AN-1 y distribución en placa base. (Proyecto 7034, plano EST-04).

- AN-2: hecha de un redondo liso macizo de 3/4” (19 mm), con una longitud total de 460 mm con 100 mm de rosca en la parte inferior y en el superior 120 mm, utilizadas para los dados tipo D2, con solo 4 anclas por dado, con una distribución de acuerdo con la placa base 2 PB2.

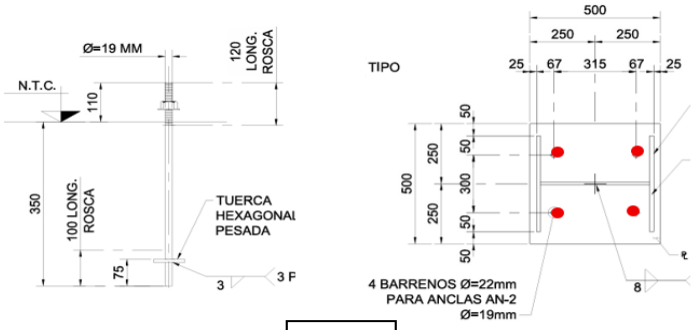


Figura 1.20 Ancla AN-2 y distribución en placa base. (Proyecto 7034, plano EST-04).

- AN-4: Hecha de un redondo liso macizo de 1 1/4" (32 mm), con una longitud total de 570 mm con 100 mm de rosca en la parte inferior y en el superior 120 mm, utilizadas para los dados tipo D3, con solo 6 anclas por dado, con una distribución de acuerdo con la placa base 3 PB3.

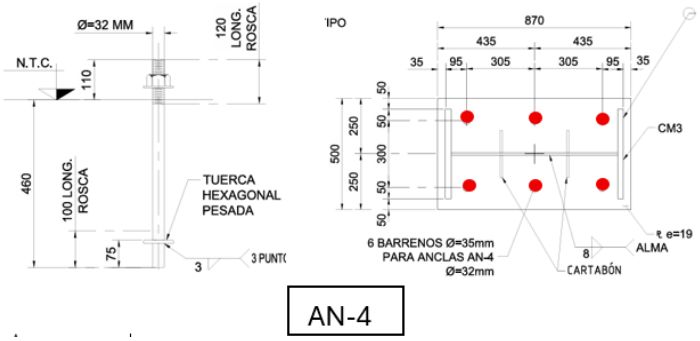


Figura 1.21 Ancla AN-4 y distribución en placa base. (Proyecto 7034, plano EST-04).

- AN-5: hecha de un redondo liso macizo de 5/8" (16 mm), con una longitud total de 460 mm con 100 mm de rosca en la parte inferior y en el superior 120 mm, utilizadas para los dados tipo D4, con solo 8 anclas por dado, con una distribución de acuerdo con la placa base 4 PB4.

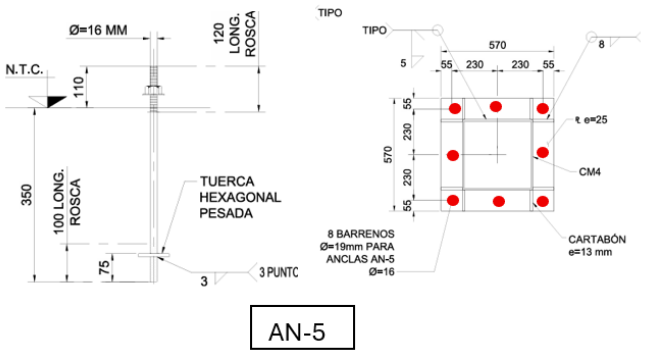


Figura 1.22 Ancla AN-5 y distribución en placa base. (Proyecto 7034, plano EST-04).

Para las zapatas y trabes de liga se utilizó un concreto clase 1, con una resistencia f'c=250 kg/cm^2. Para la plantilla de las zapatas se utilizó un concreto simple f'c = 100 kg/cm², para los elementos de la cimentación se utilizó un recubrimiento de acero mínimo de 5 cm. Para los distintos tipos de varilla se usó acero de refuerzo Fy=4,200 kg/cm^2 para varillas corrugadas de los diferentes diámetros. Una vez descrita la cimentación se procede ahora a la presentación de la estructura de acero.

7.3 ESTRUCTURA METÁLICA PRINCIPAL

Los elementos que conforman la estructura metálica del almacén general son: columnas, a base de perfiles IR y OR, fabricados a partir de placa base en sitio (patines, alma y accesorios). En toda la nave hay 4 tipos de columnas y 5 de trabes, subdivididas en 11 variantes. Asimismo, existen 2 tipos de contravientos. Los verticales fabricados a base de perfil OR, y los horizontales a base de perfil LI reforzado con placa de ¼" de espesor. En cuanto a los largueros, se tienen los de cubierta, a base de perfil CF de 12" calibre 10 y los de fachada de 12" calibre 12. Los contraflambeos son de perfil OS de ½". Las trabes perimetrales TM5 y TM5A son de perfil OR de 10" x 10". Y los puntales de arriostramiento son de perfil LI de 2" x 2". A continuación, se describe cada elemento que conforma la estructura metálica del almacén general.

7.3.1 Columnas

Las columnas son de un perfil IR hecho a partir de placas de diferentes espesores. En el almacén existen 4 variantes: CM1, CM2, CM3 Y CM4, cuyos detalles son:

- CM1: es una columna perimetral de perfil IR con patines a base de placa de ¾", con alma de placa de 3/8", con una placa base de ¾". Este tipo de columna cuenta con clips para la conexión a largueros de fachada, conexiones para los contravientos verticales y conexión para las trabes perimetrales, además de la conexión a las trabes principales, con una altura del elemento de 12.84 m.

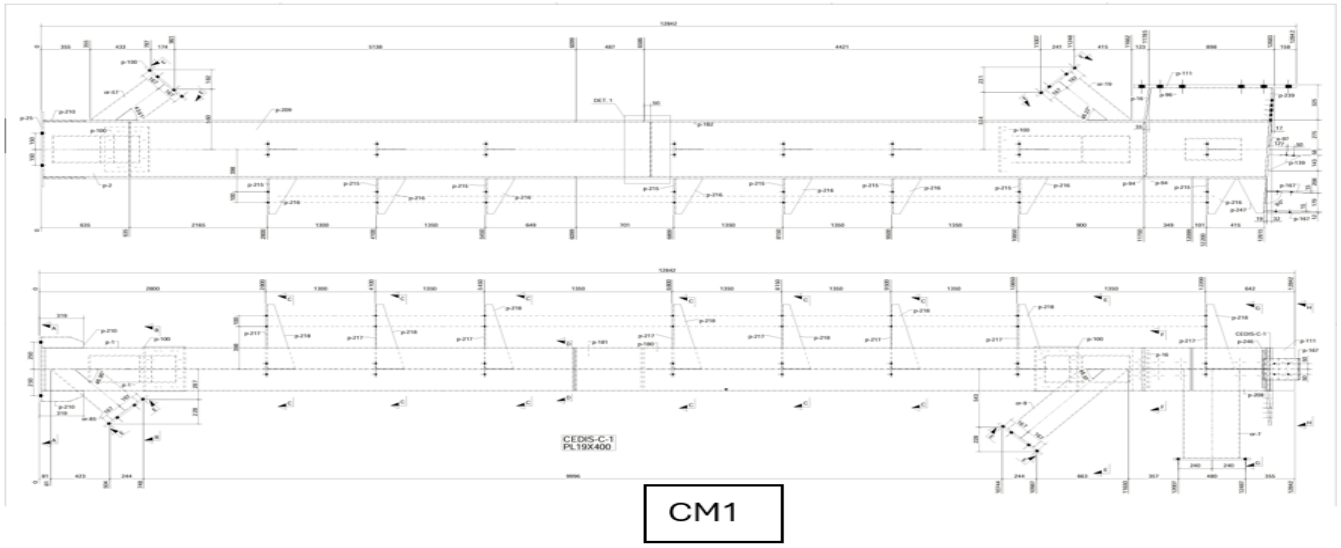


Figura 1.23 plano de taller de columna CM1. (Proyecto F-CEDIS, plano C-1).

- Columna CM2: es una columna de centro de perfil IR con patines de placa de 5/8” de 40 cm de ancho y un alma de 3/8” de 41.8 cm de ancho. Cuenta con una placa base de 7/8” de 50 cm x 50 cm y una placa conexión para la trabe de ¾” de 650 mm x 560 mm, con una altura del elemento que va desde los 13 m hasta los 14.42 m dependiendo el eje donde corresponda. Esta columna se encuentra en los ejes B, C y D, en los ejes 1-13 y 14-24. Cabe mencionar que en los ejes 1,13, 14 y 24 cuenta con algunos accesorios para la conexión con contravientos y en los ejes 1 y 24 con clips para la conexión con largueros de fachada.

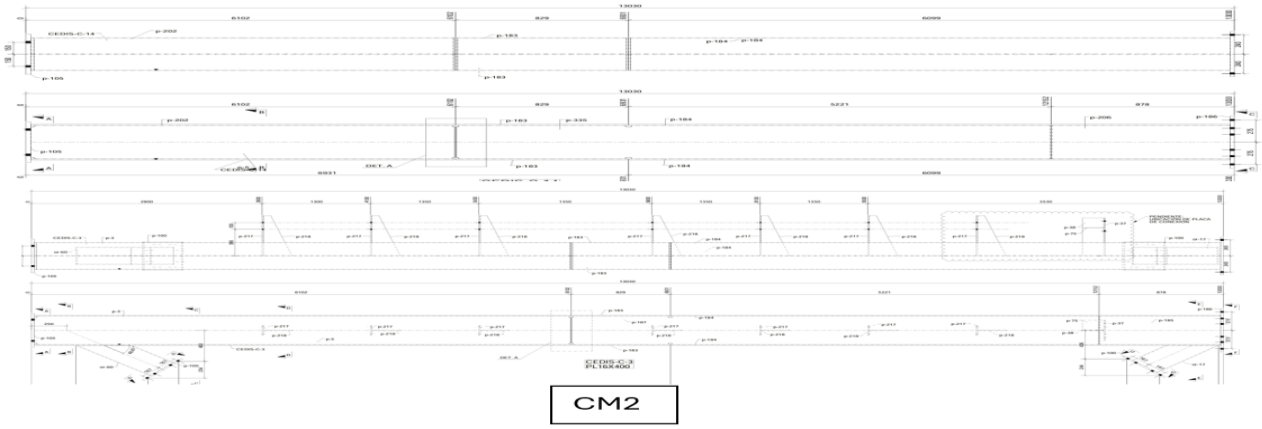


Figura 1.24 plano de taller de columna CM2 central (parte superior) y CM2 perimetral (parte inferior). (Proyecto F-CEDIS, plano C-2 y C-2A).

- CM3: es una columna de centro (ubicada en el eje E) y perimetral (ubicada en el eje H), de perfil IR con patines de placa de 1” y 400 mm de ancho y un alma de 3/8” de 749 mm de ancho, con una placa base de 500 mm x 870 mm y una placa de conexión

a la trabe de 560 mm x 900 mm con una altura de 11.49 m para la ubicada en el eje E y de 11. 34 m para la del eje H. Cabe recalcar que además de estas características la columna CM3 ubicada en el eje H cuenta con accesorios como clips para la conexión con largueros de fachada, placa conexión para contravientos verticales y placa conexión para trabes tipo TM5 Y TM5A. Además, que la columna CM3 situada en el eje D en los ejes 1,13,14 y 24 igual cuenta con accesorios para la conexión de contravientos verticales y las del eje 1 y 24 al igual cuenta con conexiones para largueros de fachada.

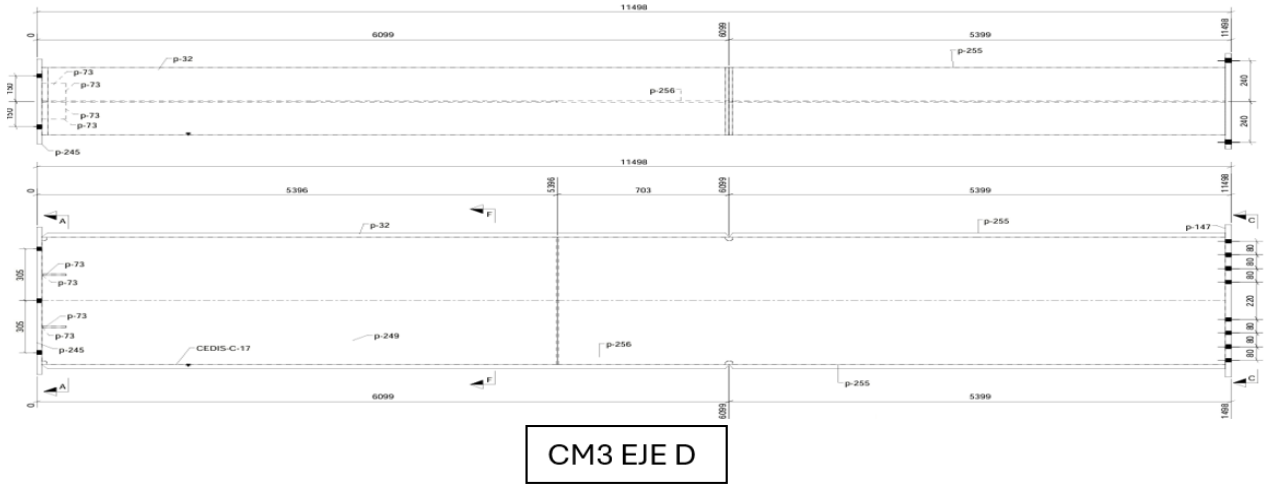


Figura 1.25 Plano de taller de columna CM3 eje D. (Proyecto F-CEDIS, plano C-3).

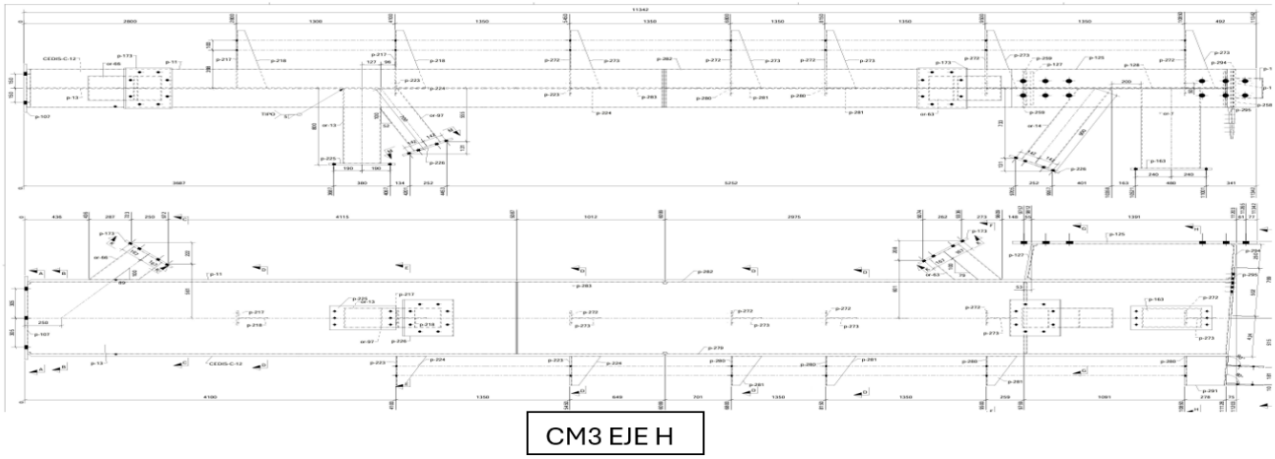


Figura 1.26 Plano de taller de columna CM3 eje H. (Proyecto F-CEDIS, plano C-3A).

- Columna CM4: es una columna perimetral de borde a base de perfil OR de 14” x 14” de 3/8” de espesor, con una placa base de 1” de 570 mm x 570 mm una placa de conexión para la trabe metálica de 5/8” de 420 mm x 420 mm, con accesorios para conexión con contravientos y placas conexión a los mismos, esto para los ejes A´, B´, C´ Y D´ en los ejes 13 y 14, para los ejes A´, B´, C´, D´, F Y G en los ejes 1 y 24

además contaban con accesorios para la conexión de largueros de fachada. Con este panorama en mente, ahora se describen los elementos horizontales.

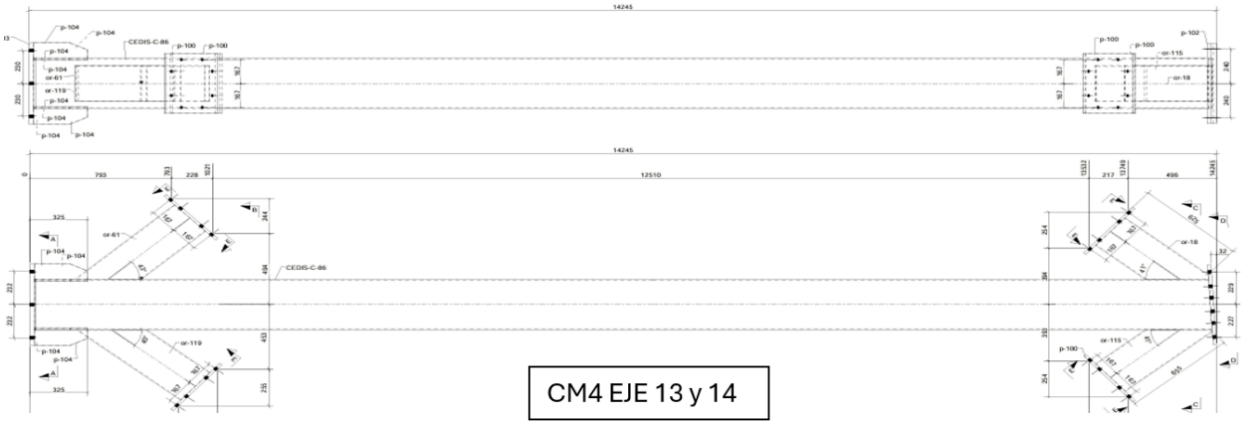


Figura 1.27 Plano de taller columna CM4 ejes 13 y 14. (Proyecto F-CEDIS, plano C-4).

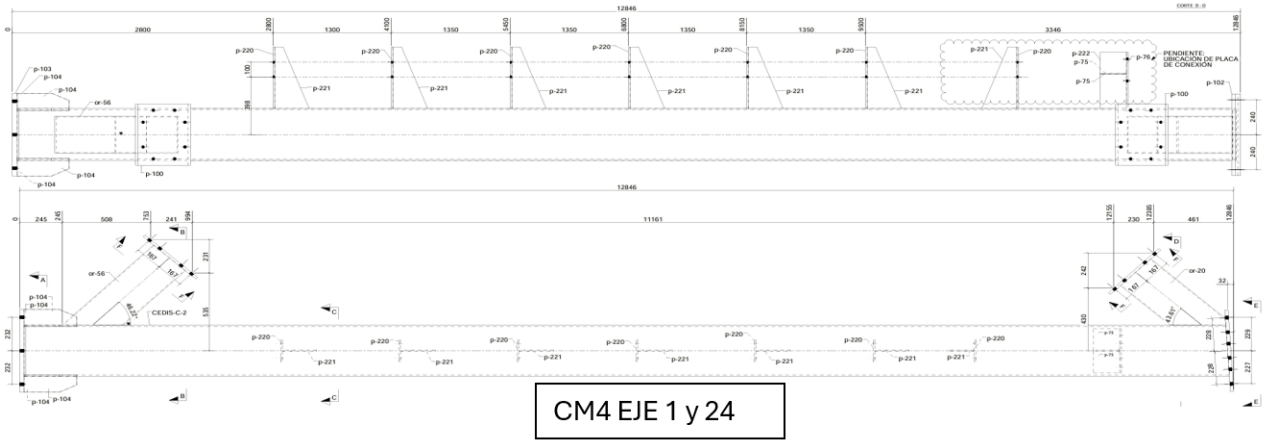


Figura 1.28 Plano de taller columna CM4 ejes 1 y 24. (Proyecto F-CEDIS, plano C-4A).

7.3.2 Trabes

Las trabes metálicas son los elementos que sirven para interconectar las columnas y hacer los marcos del sistema estructural. Debido a su geometría, fueron fabricadas en sitio a partir de placas de acero de diferentes espesores. Hay 5 tipos que son: TM1, TM2A, TM2B, TM3 y TM4. Con estos elementos se logra abarcar del eje A-H. Cabe mencionar que todos son perfiles de tipo IR, solo que con diferentes características geométricas y variación de espesores entre los tipos de estas. En la figura 1.29 se muestran los detalles de cada una.

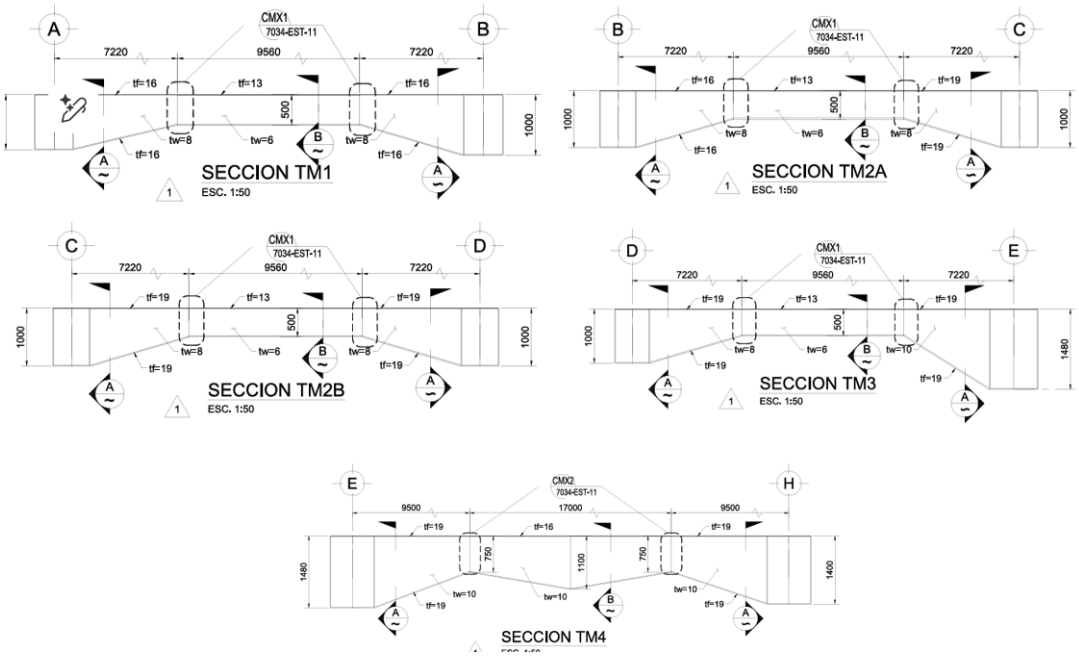


Figura 1.29 Tipos de trabes metálicas. (Proyecto 7034, plano EST-13A).

Para facilitar su fabricación se dividieron una vez más en 11 diferentes tipos de trabes en planos de taller, tal y como se describe a continuación:

- TM1: es una trabe de perfil de tipo IR con patines de 5/8” con un ancho de 350 mm y un alma de 5/16”, con una placa de conexión a la columna de 1” de 400 mm x 1163 mm y una placa conexión a la siguiente trabe de 1 1/8” de 450 mm x 750 mm. Cuenta con clips hechos con placa de ¼” de espesor para la conexión de los largueros de cubierta. La longitud de este tipo de trabe es de 6.68 m.

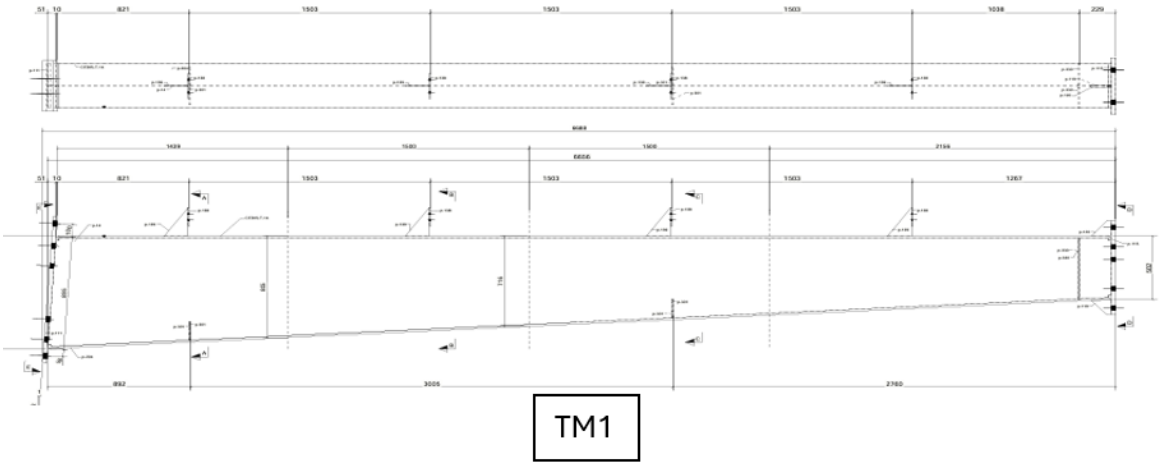


Figura 1.30 Plano de taller trabe metálica tipo TM1. (Proyecto F-CEDIS, plano T-1).

- TM2: es una trabe de perfil tipo IR con patines de ½” con un ancho de 350 mm y un alma de 1/4” y 475 mm de ancho, con una placa conexión de 1 1/8” de 450 mm x 750 mm, con 2 placa de conexión en la parte central para la conexión con los contravientos horizontales, de 5/8”. Cuenta con clips de ¼” para conectar con los largueros de cubierta y unos pequeños cartabones en la parte inferior para la conexión con el puntal de arriostramiento. Cabe recalcar que este tipo de trabe es simétrica a la trabe tipo 4, 6 y 8. Estos tipos de trabes cuentan con las mismas características y dimensiones. La longitud del elemento es de 9.57 m.

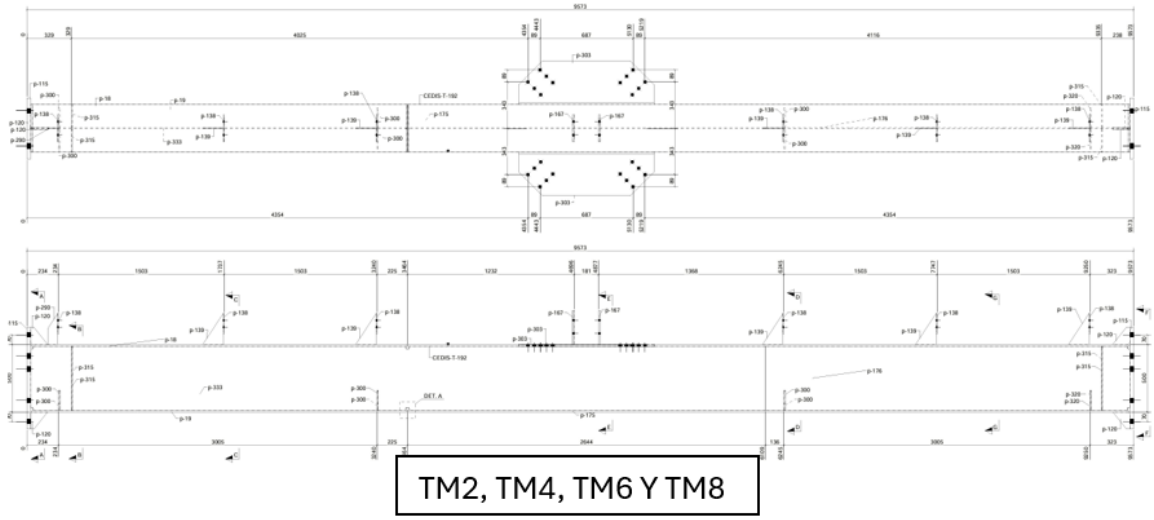


Figura 1.31 Plano de taller trabe metálica tipo TM2, TM4, TM6 Y TM8. (Proyecto F-CEDIS, plano T-2).

- TM3: es una trabe de a base de perfil tipo IR con patines de 5/8” de ancho de 350 mm y un alma de 5/16”, con placas de conexión de 1 1/8” de 750 mm x 450 mm, placa de conexión para columna en la parte inferior de ¾” de 560 mm x 650 mm, placa de conexión para contravientos horizontales de 5/8”, atiesadores de ½” en la parte central y extremos del elemento. Cuenta con clips que sirven de conexión para los largueros de cubierta hechos con placa de ¼”. El elemento tiene una longitud de 14.46 m.

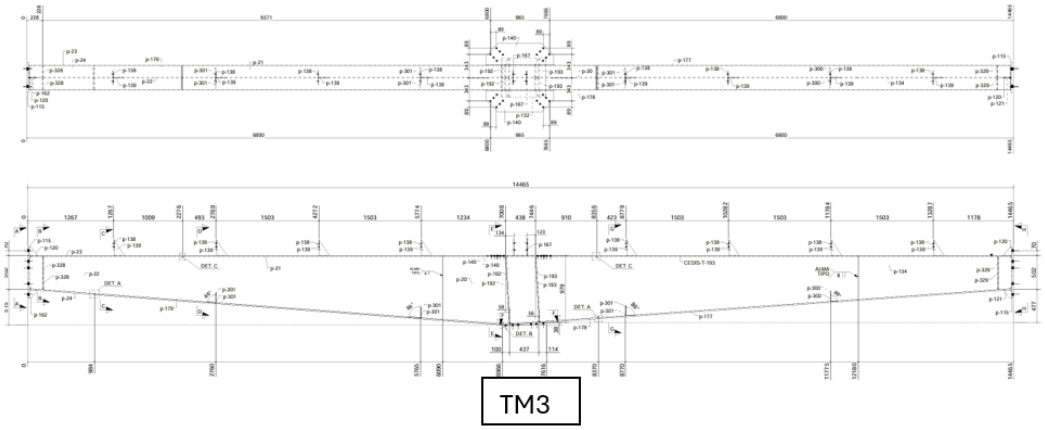


Figura 1.32 Plano de taller trabe metálica tipo TM3. (Proyecto F-CEDIS, plano T-3).

- TM5: es una trabe de perfil tipo IR, con patines de ¾” de 350 mm de ancho y con un alma de 5/16” conformada de 2 trapecios de diferentes dimensiones, con placas conexión de 1 1/8” de 450 mm x 750 mm, una placa de ¾” para la conexión con la columna en la parte inferior de 560 mm x 650 mm, placa de conexión para contravientos horizontales de 5/8”, atiesadores en la parte central de ½”, en los extremos atiesadores de 3/8”, cartabones de 3/8” en la parte inferior que permiten la conexión con los puntales de arriostramiento y clips en la parte superior de placa de ¼” para la conexión con largueros de cubierta. La longitud del elemento es de 14.45 m.

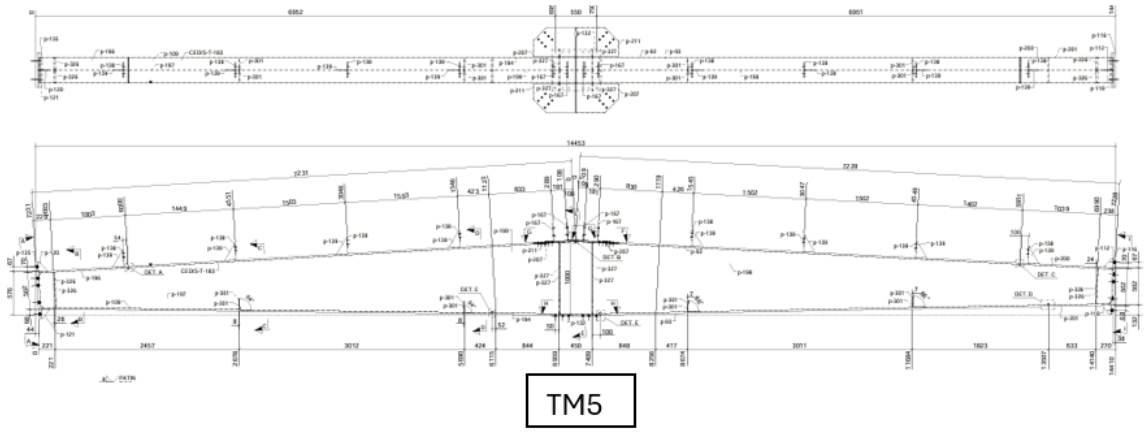


Figura 1.33 Plano de taller trabe metálica tipo TM5. (Proyecto F-CEDIS, plano T-5).

- TM7: es una trabe de perfil tipo IR, con patines de ¾” de 350 mm de ancho y con un alma de 5/16” conformada de 2 trapecios de diferentes dimensiones, con placas conexión de 1 1/8” de 450 mm x 750 mm, una placa de ¾” para la conexión con la columna en la parte inferior de 560 mm x 650 mm, placa de conexión para contravientos horizontales de 5/8”, atiesadores en la parte central de ½”, , atiesadores en la los extremos de 3/8” y cartabones de 3/8” en la parte inferior que permiten la conexión con los puntales de arriostramiento. La longitud del elemento es de 14.45 m.

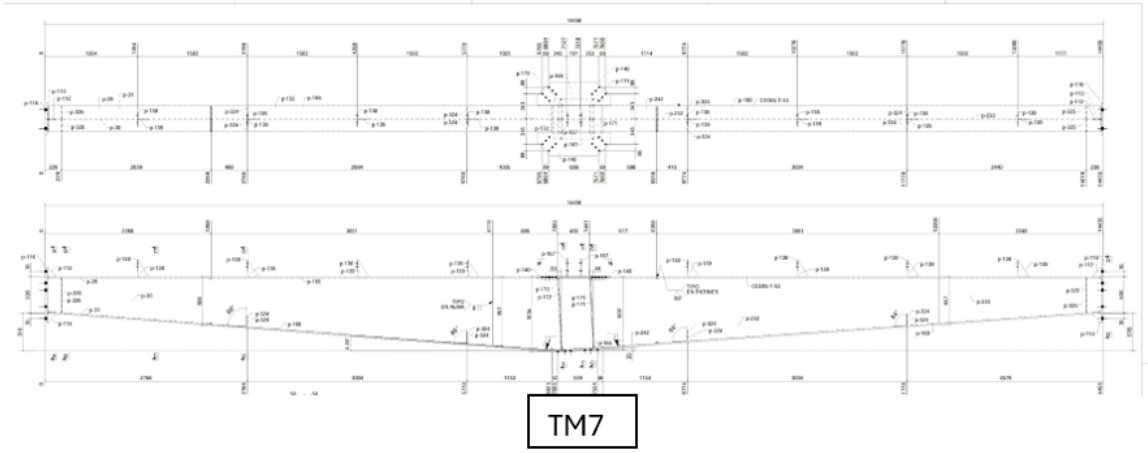


Figura 1.34 Plano de taller trabe metálica tipo TM7. (Proyecto F-CEDIS, plano T-7).

- TM9: es una trabe de tipo IR con patines de placa de ¾” con 350 mm de ancho, un alma de placa de 3/8” de forma irregular, placas de conexión de 1 1/8” de 450 mm x 750 mm del lado izquierdo y del lado derecho de 1 1/8” de 450 mm x 1000 mm, placa para conexión con la columna en la pparte inferior de 7/8” de 560 mm x 900 mm, placa para conexión con contravientos horizontales de 5/8”, atiesadores en la parte central de ½” y en los extremos atiesadores de 3/8”, además de contar con clips en la parte superior de placa de ¼” para la conexión con los largueros de cubierta y cartabones en la parte inferior de placa de 3/8” para la conexión de puntales de arriostramiento. La longitud del elemento es de 16.73 m.

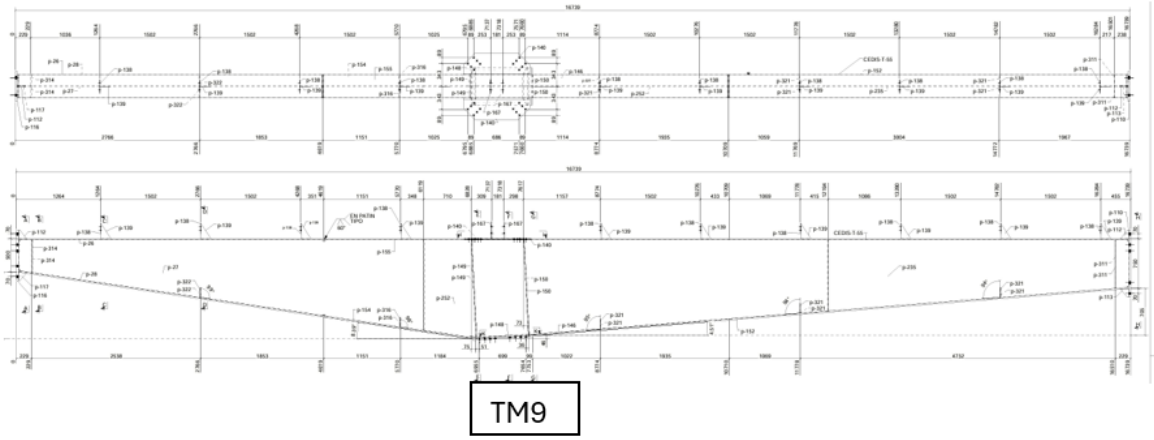


Figura 1.35 Plano de taller trabe metálica tipo TM9. (Proyecto F-CEDIS, plano T-9).

- TM10: es una trabe de tipo IR con patines de 5/8” de 350 mm de ancho, con un alma de 3/8” con forma irregular, con placas de conexión de 1 1/8” de 450 mm x 1000 mm, placa para conexión a contravientos horizontales de 5/8”, atiesadores en los extremos de placa de 3/8”, clips de ¼” en el lecho superior para la conexión con los largueros

de cubierta y cartabones de placa de 3/8” en el lecho superior para la conexión con los puntales de arriostramiento, la longitud del elemento es de 10.99 m.

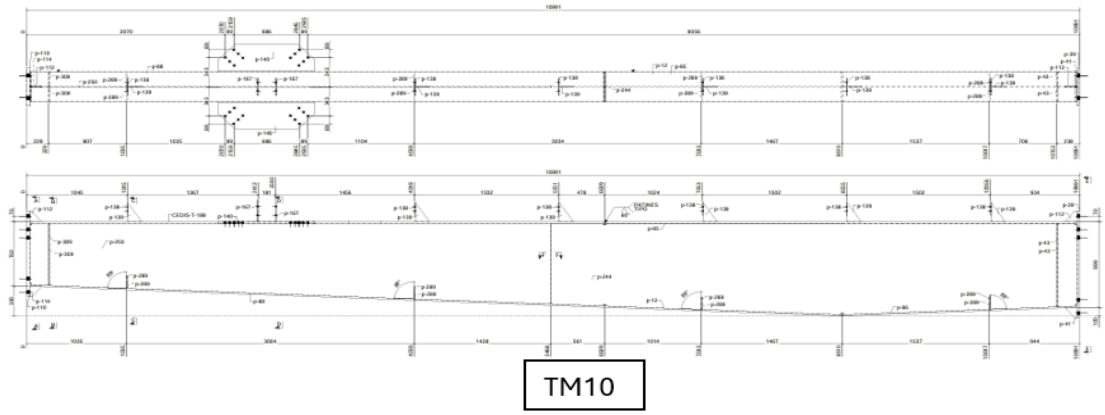


Figura 1.36 Plano de taller trabe metálica tipo TM10. (Proyecto F-CEDIS, plano T-10).

- TM11: es una trabe de tipo IR con patines de ¾” de 350 mm de ancho, con un alma de 3/8” en forma de trapecio, con una placa conexión del lado izquierdo de 1 1/8” de 450 mm x 1000 mm y del lado derecho la conexión para la columna de placa de 1” de 400 mm x 1661 mm, atiesadores en el extremo izquierdo de placa de 3/8”, en la parte superior cuenta con clips de placa de ¼” para la conexión con los largueros de cubierta y en la parte inferior con cartabones de placa de 3/8” para la conexión con los puntales de arriostramiento. La longitud del elemento es de 8.78 m. Habiendo descrito las trabes utilizadas en el proyecto, enseguida se presentan los detalles de los contravientos.

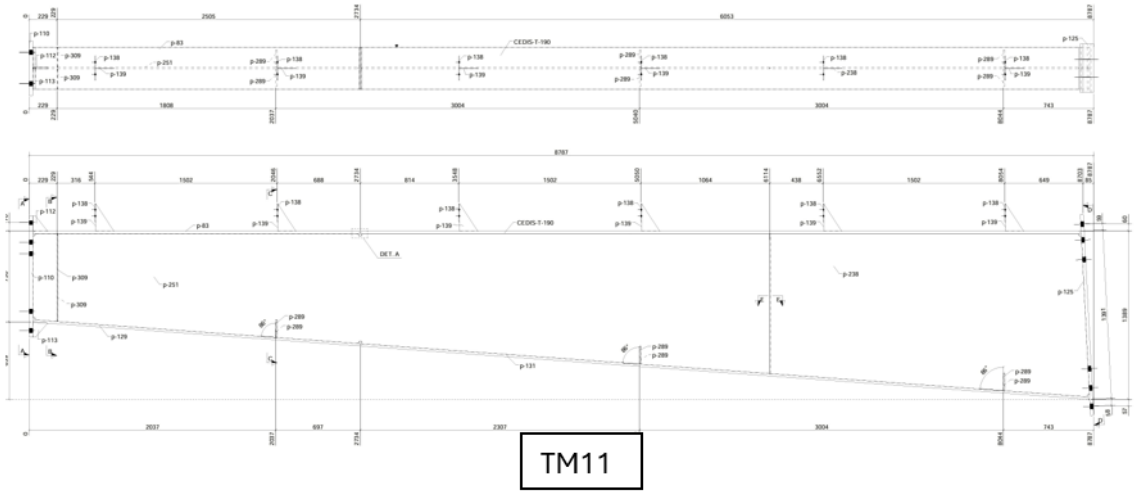


Figura 1.37 Plano de taller trabe metálica tipo TM11. (Proyecto F-CEDIS, plano T-11).

7.3.3 Contravientos verticales

Para otorgar una mayor rigidez a los marcos de la estructura se utilizaron contravientos verticales a base de un perfil OR en 2 variantes, que a su vez se interconectan con las columnas perimetrales. Entre los 2 tipos, están:

- CV1: se compone de 3 elementos, uno central que cuenta con un perfil OR de 10” x 10” x 3/16” de espesor, con una placa de conexión en cada extremo de 5/8” de 420 mm x 420 mm. Además, tiene en la parte central otro perfil OR de las mismas características. También cuenta con un pequeño tramo de 343 mm-371 mm por cada lado del centro. A su vez tiene una placa conexión de las mismas características y, como un reforzamiento adicional, una placa de 3/16” en la parte central donde van soldados los tramos del perfil OR. Su longitud total es de 16.73 m. Además de contar con 2 elementos para conectar con la otra columna y formar la X del contraviento. Estas otras dos partes son a base del mismo perfil solo que con una longitud de 7.76 m. De igual manera cuentan con una placa base en cada extremo de las mismas características para conectar con la columna y parte central del contraviento. Estos se utilizan en todo el perímetro del almacén, en los ejes 1, 13, 14 y 24 del eje A-H y en el eje A del eje 1-24. Enseguida se muestra gráficamente lo descrito.

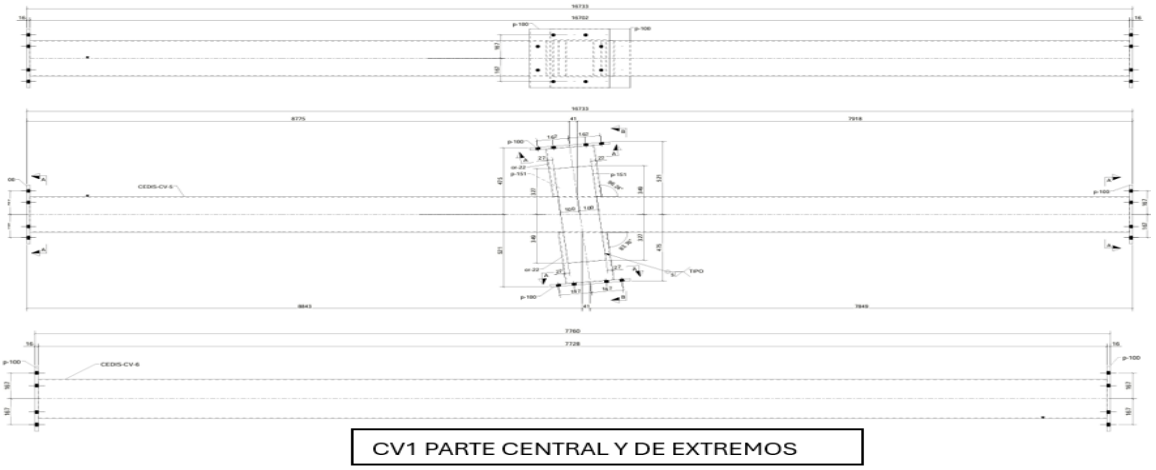


Figura 1.38 Plano de taller contraviento vertical CV1. (Proyecto F-CEDIS, plano CV-1 Y CV-1A).

- CV2: se compone de 3 elementos, uno central que cuenta con un perfil OR de 8” x 8” x 3/16” de espesor, con una placa conexión en cada extremo de placa de 5/8” de 420 mm x 420 mm, además de tener en la parte central otro perfil OR de las mismas características un pequeño tramo de 322 mm-377 mm por cada lado del centro que a su vez cuenta con una placa conexión de las mismas características y como un reforzamiento adicional una placa de 3/16” de 200 mm x 700 mm en la parte central donde van soldados los tramos del perfil OR, su longitud total es de 13.52 m. Además de contar con 2 elementos para conectar con la otra columna y formar la X del

contraviento. Estas otras dos partes son a base del mismo perfil solo que con una longitud de 6.16 m, de igual manera cuentan con una placa base en cada extremo de las mismas características para conectar con la columna y parte central del contraviento, este tipo de contravientos solo se usa en el perímetro del eje H del eje 1-22. Conociendo ya los contravientos verticales, a continuación, se describen sus contrapartes horizontales.



Figura 1.39 Plano de taller contraviento vertical CV2. (Proyecto F-CEDIS, plano CV-2 Y CV-2A).

7.3.4 Contravientos horizontales

Al igual que los anteriormente descritos, estos elementos sirven para otorgar rigidez, dar una mayor estabilidad y ayudar a transmitir las cargas a la estructura. En este proyecto van en la parte de la cubierta e interconectan con las trabes metálicas. Van de eje y eje a lo largo de los ejes A-H sumando un total de 11 elementos. Se componen de 3 piezas, una parte central a base de perfil LI de 4” x 4” de 5/16” de espesor, se utilizaron 2 perfiles a manera de espejo y en la parte central de estos se realizó un reforzamiento con pequeñas placas de ¼” de 100 mm x 130 mm a lo largo de todo el elemento, con una separación de 250 mm. También cuenta en la parte central con una placa que servirá para la conexión de los otros 2 elementos faltantes de 5/8” de espesor y dimensiones de 250 mm x 650 mm, con perforaciones en los extremos para la conexión con los otros 2 elementos. La longitud del elemento es de 16.18 m. Los otros 2 elementos que complementan el contraviento son de las mismas características, el mismo tipo de perfil y reforzamiento solo que estos tienen una dimensión de 7.95 m. En la figura 1.38 se muestra gráficamente su geometría, y en la siguiente sección se describen los largueros.

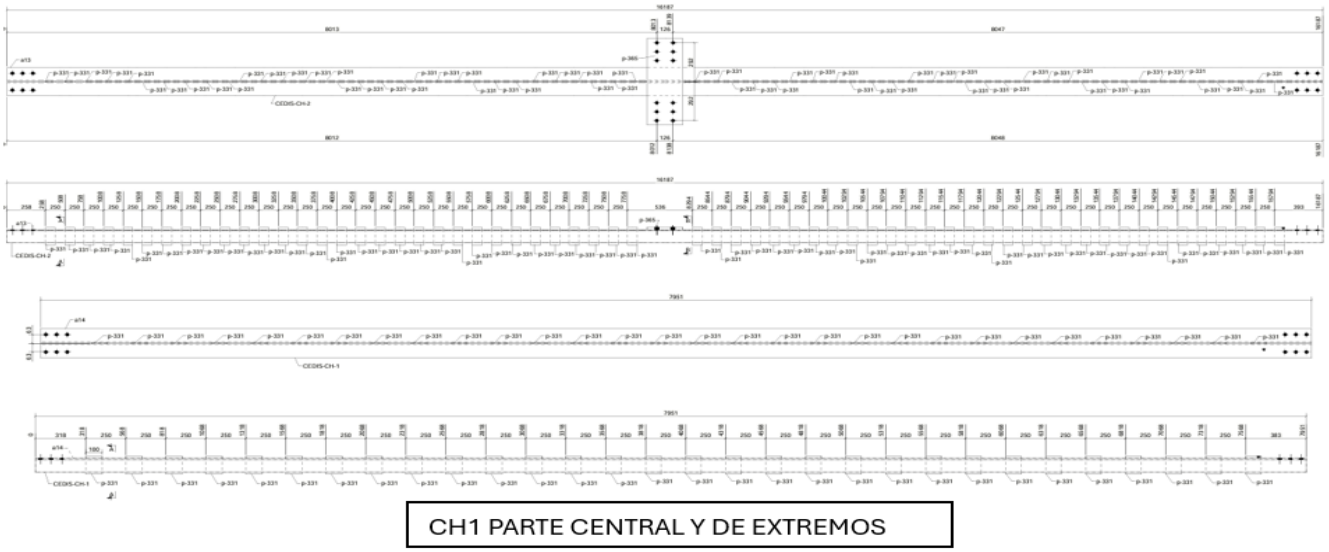


Figura 1.40 Plano de taller contraviento horizontal CH1. (Proyecto F-CEDIS, plano CH-1 y CH-1A).

7.3.5 Largueros

La función principal de los largueros es para cubrir los claros formados por los marcos estructurales, recibir las cargas provenientes del sistema de cubierta y transmitirlo a la estructura principal, además de facilitar la colocación del sistema de cubierta.
Para este proyecto contamos con 3 tipos de largueros, 2 tipos usados en la cubierta y uno utilizado para las fachadas, todos a base de perfil CF.

- L1: Perfil CF de 12” x 3 ½” de calibre 10, de una longitud de 12.45 m y 2 barrenos en la parte central de 5/8”, con una separación de 50 mm entre ellos a cada 2350 mm a lo largo de todo el elemento para la posterior conexión con los contrafloambeos.

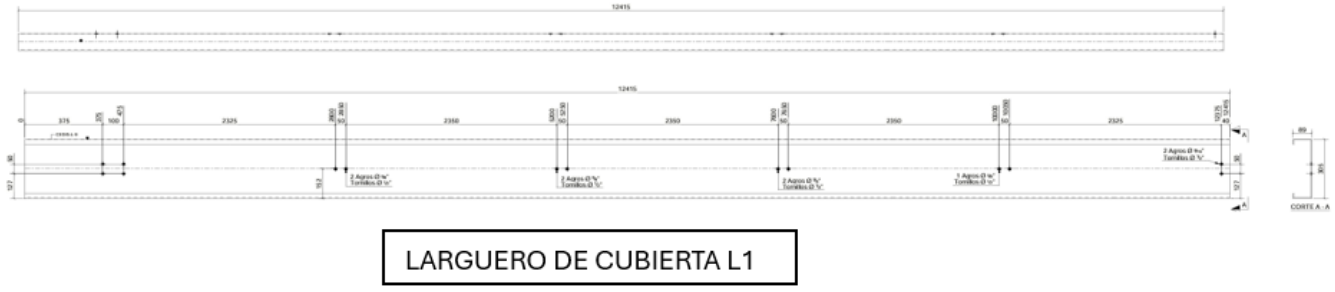


Figura 1.41 Plano de taller larguero L1. (Proyecto F-CEDIS, plano L-1).

- L2: perfil CF de 12” x 3 ½” de calibre 10, 2 perfiles encontrados unidos con soldadura, para poder soldarlos se hacen perforaciones previamente para poder sujetarlo en ambos extremos, barrenos de ½” y a lo largo de todo el elemento cuenta con barrenos de ½” para la conexión con los contraflambeos a una separación de 2400 mm, longitud total del elemento de 1240 mm.

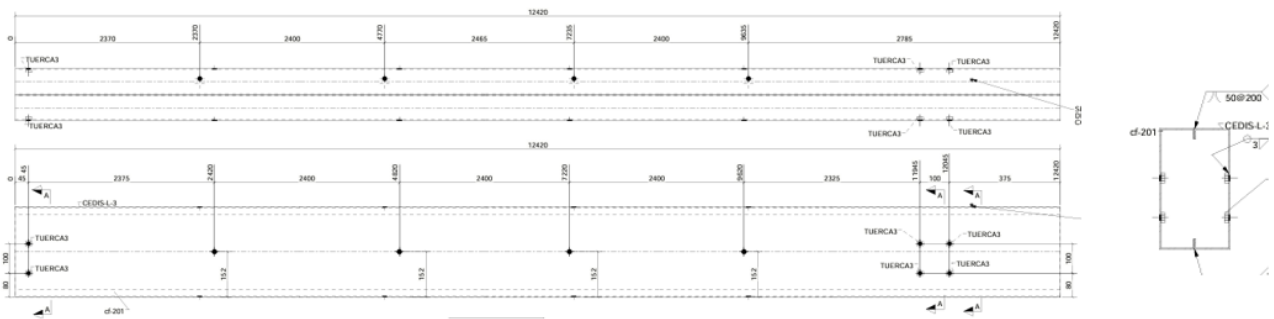


Figura 1.42 Plano de taller larguero L2. (Proyecto F-CEDIS, plano L-2).

- L1 fachada: Perfil CF de 12” x 3 ½” de calibre 12, de una longitud de 11.99 m y barrenos en la parte central de 5/8”, con una separación de 2400 mm entre ellos a lo largo de todo el elemento para la posterior conexión con los contraflambeos, para esta misma conexión el perfil tiene 2 barrenos en ambos extremos con una separación de 100 mm entre ellos. Habiendo descrito los largueros se procede a la descripción de los elementos que van a otorgar rigidez a estos, los contra flambeos.

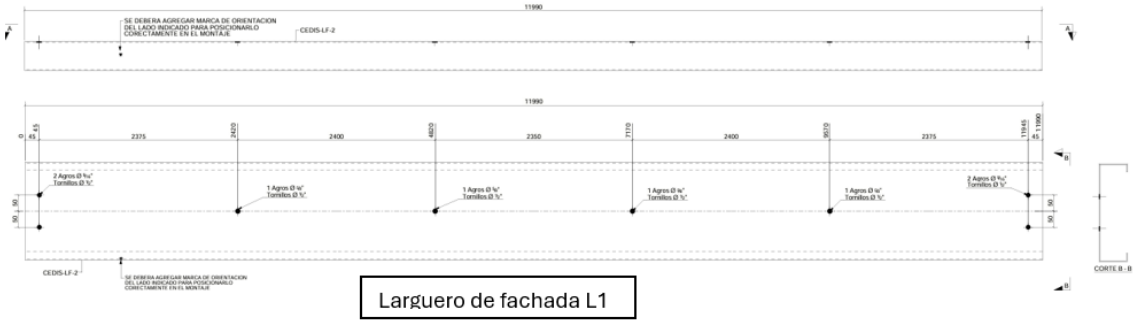


Figura 1.43 Plano de taller larguero de fachada L1 (Proyecto F-CEDIS, plano LF-1).

7.3.6 Contra flambeos

La función principal del contra flambeo o tensores no es recibir directamente la carga principal del sistema de cubierta, si no el control de la estabilidad y arriostramiento de los largueros, disminuyendo la posibilidad del pandeo lateral o torsional de los largueros bajo carga. Para este proyecto se utilizó un perfil OS de ½”, con una longitud de 1530 mm, con 150 mm de rocas en cada extremo que permitía la conexión a los largueros mediante tuercas de ½” de pulgada, este elemento se usó en la misma dimensión y características para conectar tanto con los largueros de cubierta como con los de fachada. Una vez descritos los contra flambeos se continúa con otro elemento estructural que de igual manera se conecta con los largueros que son los puntales de arriostramiento.



Figura 1.44 Plano de taller contra flambeo. (Proyecto F-CEDIS, plano CF-1).

7.3.7 Puntal de arriostramiento

Su función principal es cuando la estructura está sometida a cargas verticales (peso propio, techo y nieve) o cargas horizontales (viento, sismos, empujes), los arriostres proporcionan un soporte lateral que impide deformaciones inestables principalmente de los largueros de cubierta.

En este caso contamos con un perfil LI de 2" x 2" de ¼" de espesor, debido a la geometría de las trabes estos puntales varían en su longitud van desde 683 mm hasta 1237 mm, su conexión en un extremo era a la viga principal en la parte donde se encuentran los atiesadores o los cartabones por la parte inferior y al larguero de cubierta en el otro extremo. Para finalizar con los elementos que componen la estructura metálica tenemos las trabes perimetrales.

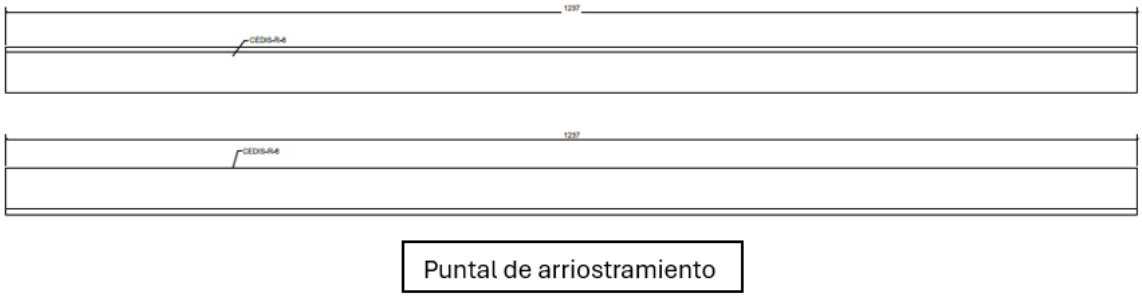


Figura 1.45 Plano de taller puntal de arriostramiento. (Proyecto F-CEDIS, plano R-1).

7.3.8 Trabes perimetrales

La función de este elemento es interconectar las columnas transversalmente a las trabes o vigas principales, estás se encuentran en el eje A del eje 1-24 y en el eje H del eje 1-24, estás trabes evitan desplazamientos o deformaciones en los bordes aportando rigidez a la estructura. En el proyecto contamos con 2 tipos de trabe la TM5 y la TM5A que se describen a continuación:

- TM5: construida a base de un perfil OR de 16" x 8" de ¼" de espesor, unido en ambos extremos a una placa conexión de 5/8" con dimensiones de 300 mm x 450 mm, con 6 barrenos de ½", este elemento se conecta de columna a columna. Se encuentra en el eje A del eje 1-13 y 14-24 en la parte superior de las columnas al igual que en el eje H del eje 1-13 y 14-24. La longitud del elemento es de 10.40 m.
- TM5A: construida a base de un perfil OR de 10" x 10" de 5/16" de espesor, unido en ambos extremos a una placa conexión de 5/8" con dimensiones de 300 mm x 450

mm, con 6 barrenos de ½", este elemento se conecta de columna a columna. Solo en encuentra en el eje H del eje 1-13 y 14-24 se encuentra en la parte intermedia de la columna tipo CM3 del eje H. La longitud del elemento es de 10.40 m. Una vez descritos los elementos que componen la estructura metálica, se describen las características de los materiales a utilizar para fabricar dichos elementos.

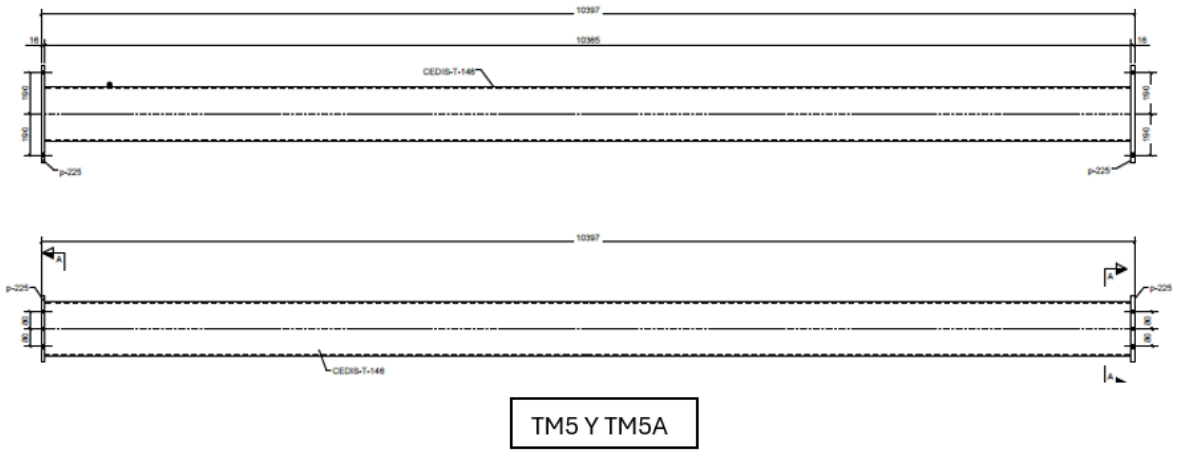


Figura 1.46 Plano de taller trabe TM5 Y TM5A. (Proyecto F-CEDIS, plano TM-5 y TM-5A).

7.3.9 Descripción de los materiales

El acero utilizado para toda la estructura debe ser de tipo estructural y de acuerdo con el proyectista debe contar con los siguientes requerimientos:

- Perfiles LI, acero estructural A.S.T.M. A36, con fy = 2530 kg/cm².
- Perfiles IR, acero estructural A.S.T.M. A992 Gr. 50, con fy = 3515 kg/cm².
- Perfiles OR, acero estructural A.S.T.M. A-500, Gr. B con fy = 3235 kg/cm²
- Perfiles CF, acero estructural A.S.T.M. A-1008, GR. 50 con fy = 3515 kg/cm²
- Placas de diversos espesores, acero estructural A.S.T.M. A572 Gr. 50, con fy = 3515 kg/cm²
- Perfiles OS, Acero estructural A.S.T.M. A-36 con fy = 2530 kg/cm²
- Acero misceláneo A.S.T.M. A-36 con fy = 2530 kg/cm²

El tipo de soldadura depende si va a colocarse en campo o en taller y tenemos 2 tipos: A.W.S. E-60XX para campo y E-70XX. Para taller.

La tornillería varía de igual manera dependiendo del elemento estructural, por lo tanto, tenemos:

- Conexiones de elementos que conforman la estructura principal, se emplearán tornillos del tipo A.S.T.M. A-325 tipo 1 con un Fnt (resistencia nominal a tensión) = 6330 kg/cm² o A.S.T.M. A-490 tipo 1 alta resistencia Fnt = 7950 kg/cm².
- Conexiones de largueros en cubierta, se emplearán tornillos y/o espárragos del tipo A.S.T.M. A-325 con un Fnt = 6330 kg/cm².

- Conexiones de elementos estructurales de fachadas, se emplearán tornillos y/o espárragos del tipo A.S.T.M. A-325 con un Fnt = 6330 kg/cm².
- Para montaje de contravientos horizontales, se emplearán tornillos del tipo A.S.T.M. A325 con un Fnt = 6330 kg/cm².

Una vez descrito el proyecto de cimentación y de la estructura metálica principal se puede apreciar que la construcción de esta edificación involucró aspectos de diferentes áreas de la ingeniería civil, como lo son la topografía, mecánica de suelos, diseño de estructuras de concreto, diseño de estructuras de acero, de las cuales el autor adquirió conocimiento que complementan en gran manera el diseño visto en las aulas ya que principalmente se contribuyó y aprendió con la ejecución de estructuras tanto de concreto como de acero. En los siguientes capítulos se describen los procesos constructivos y se relatan las vivencias del autor, tanto las complicaciones emergentes durante la ejecución como la forma en la que se le dio solución a las mismas.

Como se puede apreciar es un gran número de elementos los que componen tanto la cimentación como la estructura metálica principal, muy variantes entre sus dimensiones y composición, cada uno con su grado de detalle y diferentes especificaciones. Para que una vez terminados estos elementos puedan trabajar estructuralmente en conjunto para ser la base y cuerpo de lo que conforma el proyecto de la nave industrial para la empresa Hermanos GRISI. En el siguiente capítulo se va a relatar con detalle todo lo que respecta al proceso constructivo, describiendo el procedimiento paso a paso, en que partes se debe tener un mayor cuidado para evitar retrabajos en un futuro, como agilizar algunos trabajos siempre cuidando la calidad de estos en todo momento, además de aportar vivencias del autor en puntos clave sobre la ejecución aprendidos en campo a la hora de realizar dichos procedimientos.

CAPÍTULO 2

CAPÍTULO 2 PLANEACIÓN Y EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

En el capítulo previo, se establecieron los antecedentes del proyecto que se expondrá a lo largo del documento. En este capítulo, se explicará de forma detallada, tanto la planeación para la ejecución de los trabajos, como todo el proceso constructivo de la cimentación para el almacén general CEDIS GRISI. Se trata de una estructura hecha a base de zapatas aisladas interconectadas con trabes de liga. Los trabajos realizados, van desde el trazo topográfico, pasando por la excavación, el afine del terreno, el colado de la plantilla de concreto, el habilitado y armado del acero, la colocación de las anclas de acero, el cimbrado de los elementos y su colado, hasta el relleno de la excavación.

Así, se expondrán los retos y dificultades que se presentaron en cada proceso, compartiendo las vivencias del autor. Además, se discutirá la ejecución de los trabajos relativos a la estructura metálica, desde el nexteo de las piezas, su posterior limpieza, armado de los perfiles de acero, colocación de soldadura y limpieza previa al proceso de sand blasteo, y la posterior aplicación de primario y colocación del acabado final. De igual manera se describirá el proceso de montaje de la estructura metálica del almacén general, iniciando con las columnas, y continuando con las trabes y los demás accesorios ya descritos en el capítulo 1. Con estas ideas en mente, se procede ahora a la presentación de la planeación del proyecto.

2.1 Planeación de los trabajos

Para la planeación se tomó como base el catálogo de conceptos (Ver anexo A), visto desde la perspectiva del proceso constructivo. Para planear trabajos que pudieran ejecutarse de manera simultánea y adelantar tiempos para futuras actividades, se siguió un programa de obra basado en aspectos financieros. Aquí, las volumetrías o tramos a ejecutar se calculaban con base en los avances esperados. De esta manera, fue posible medir el avance de la ejecución y los tiempos que tomaban.

2.2 Preparación

Debido a la gran magnitud de la obra en cuestión, se tuvo la necesidad de emplear una gran cantidad de recursos: humanos, materiales, de maquinaria y financieros. En la Tabla 2.2.1 se presentan de forma resumida los recursos empleados para la cimentación, y en la Tabla 2.2.2 los recursos necesarios para la fabricación de la estructura metálica principal y para su montaje.

RECURSOS	PREPARACIÓN:
HUMANOS	Se subcontrato a 2 destajistas, uno encargado de realizar la cimentación de la nave 1 y otro para la nave 2 (a continuación, se muestra su fuerza de trabajo correspondiente y el sueldo neto correspondiente):
Cuadrilla nave 1	° 3 Oficiales carpinteros ° 5 Oficiales fierreros ° 2 Oficiales albañiles °4 Ayudantes generales
Cuadrilla nave 2	° 4 Oficiales carpinteros ° 5 Oficiales fierreros ° 1 Oficial albañil °5 Ayudantes generales
MATERIALES	En la etapa de preparación se llevó a cabo una cuantificación de los materiales necesarios principalmente acero y concreto (Mostrada en el Anexo B), para realizar los pedidos ya con un proveedor con buena relación con la empresa. Para los materiales tenemos °Kg de acero entre varillas #3, #4, #5, #6= 90,795.83 kg ° M3 de concreto teórico para zapatas y trabes de liga= 945.09 M3 Cabe aclarar que son volúmenes teóricos, el volumen incrementó debido al desperdicio tenido en campo
MAQUINARIA Y EQUIPO	Cada cuadrilla de trabajo contaba con el mismo equipo y maquinaria que son: ° Retroexcavadora Cat MOD. 420 ° Excavadora CAT MOD. 320 ° Bailarina compactadora MOD Vecker BV8ooUK ° Vibrador para concreto MOD. Kamel Enar

Tabla 2.2.1 Recursos empleados en la cimentación.

RECURSOS	PREPARACIÓN:
HUMANOS	Se subcontrató una empresa encargada de fabricar la estructura metálica y de realizar su montaje en el lugar de los trabajos, a continuación, se muestra la composición de su fuerza de trabajo con su sueldo neto semanal.
FUERZA DE TRABAJO FABRICACIÓN	° 2 Oficiales de CNC (Control numérico computarizado) = $8,000 c/u °15 armadores °10 soldadores ° 10 ayudantes Las cuadrillas se conformaron por: 3 armadores, 2 soldadores y 2 ayudantes

RECURSOS	PREPARACIÓN:
FUERZA DE TRABAJO RECUBRIMIENTO	° 6 oficiales sand blasteros ° 6 oficiales pintores ° 9 ayudantes Las cuadrillas fueron compuestas de: 2 sand blasteros, 2 pintores y 3 ayudantes
FUERZA DE TRABAJO PARA EL MONTAJE	° 1 cabo de oficios °2 armadores °3 montadores °4 soldadores °2 maniobristas °2 operadores de grúas
MATERIALES	Durante la etapa de preparación se realizó una cuantificación de materiales necesarios para desarrollar la estructura del almacén, que son principalmente: placas de acero de diversos espesores, perfiles hss y ángulos de diferentes medidas, así como canal monten y perfil OS. Placas de acero de diferentes espesores. ° **3/16 "**= 560 kg, **1/4"**= 46,074 kg, **5/16"**= 55,360 kg, **3/8"**= 171,414 kg, **1/2"**= 76,390 kg ° **5/8"** = 225,457 kg, **3/4"**= 187,947 kg, **7/8"** = 8,880 kg, **1"**= 98,695 kg, **1 1/8"**= 39,172 kg °**HSS 16"X8"x1/4"**= 31,025 kg, **HSS 14"X14"X3/8"**= 26,765 kg, **HSS 10"X10"X3/16"**= 61,982 kg ° **HSS 8"X8"X3/16"**= 15,440 kg, **CF 12"X3 1/2"X10**= 403,626 kg, **CF 12"X3 1/2"X** 12**=** 44,452 kg °**LI 4"X5/16"**= 189,785 kg, **LI 2 1/2"X1/4"**= 28,220 kg, **OS 1/2"**= 14,260 kg. Es de recalcar que los volúmenes aumentaron debido al acomodo de las piezas en las placas y los cortes realizados a los perfiles con medidas comerciales ya establecidas por los proveedores.
MAQUINARIA Y EQUIPO:	Se implemento para la fabricación gran uso de diversas maquinarias como los son: ° Máquina de corte CNC térmico KR25SP °Tortuga de oxicorte (cortadora Quick) modelo CG-30 °Máquina de soldar micro alambre electrodo 220 V modelo elite mig 250 °Compresor de aire diésel portátil WGD-125 °Olla de sandblast #SB130 °Grúa titan 30 toneladas °Montacargas 3 - 3.8 toneladas.

RECURSOS	PREPARACIÓN:
	° Grúa TEREX 90 toneladas °Tractocamión con plataforma plana.

Tabla 2.2.2 Recursos empleados para la estructura metálica.

Con esta preparación se dio inicio con las actividades de la cimentación y fabricación de la estructura metálica del almacén general. Es de mencionar que los sueldos para los diferentes tipos de obreros de la construcción son competitivos respecto a la oferta del mercado, estos varían desde los $3,500 hasta los $8,000 dependiendo la especialidad. La fabricación de la estructura se realizó en la planta de fabricados de la empresa "X", en la localidad de Tonanitla. Además, a la llegada del autor ya se tenían culminados los trabajos de movimiento de tierras para generar el terraplén, que fue el punto de partida para dicha edificación. A continuación, se describe de forma detallada el proceso de la cimentación y todos los trabajos que la componen.

2.3 Construcción de la cimentación

La cimentación es de las partes más importantes de cualquier edificación y es la base de toda gran obra. El tener los cimientos fuertes, garantiza la seguridad estructural y el buen comportamiento de las estructuras al transmitir las cargas de una forma correcta al suelo. En este sentido, se describe a continuación el proceso de trazo y nivelación del terreno con el cuál se da inicio a la etapa de cimentación.

2.3.1 Trazo y nivelación

Para iniciar su construcción es importante de primera mano realizar el trazo correspondiente del elemento, sus dimensiones y niveles correspondientes. Cabe mencionar que se trabajó con holguras perimetrales de 60 cm para facilitar los trabajos de armado, cimbrado y colado una vez realizada la excavación de los elementos. Para garantizar un correcto trazo se subcontrató una brigada de topografía con todo el equipo adecuado para asignar trazos y niveles de los elementos que componen la cimentación.

Estos fueron realizados con ayuda de una estación total y marcados con cal para facilitar, en la siguiente etapa, la excavación al operador de maquinaria. El rendimiento de la brigada en esta etapa era de 5-7 zapatas por jornal (ya que atacaban otros frentes de trabajos como obras pluviales y muros perimetrales). En la Figura 1 se muestra un ejemplo de cómo se realizó el trazo de las zapatas. Una vez realizado el trazo se dio paso a la excavación y afine. En seguida se detallan los pasos seguidos en este proceso.



Figura 2.1: Trazo de zapatas en el lugar de los trabaj

2.3.2 Excavación y afine

Ya realizado el trazo se procedió, por medio de maquinaria (retro excavadora Cat MOD. 320), a realizar la excavación. Aquí, se tuvo cuidado para seguir el trazo, y no exceder las dimensiones marcadas. Con ello, se evitan sobrecostos en la etapa posterior de relleno y compactación, que se derivarían de excesos en los volúmenes de excavación para la construcción de las zapatas. El material producto de la excavación se colocó de forma estratégica entre las zapatas, para después emplearlo en el proceso de compactación. Lo anterior, se ilustra en la Figura 2.2 y 2.3.

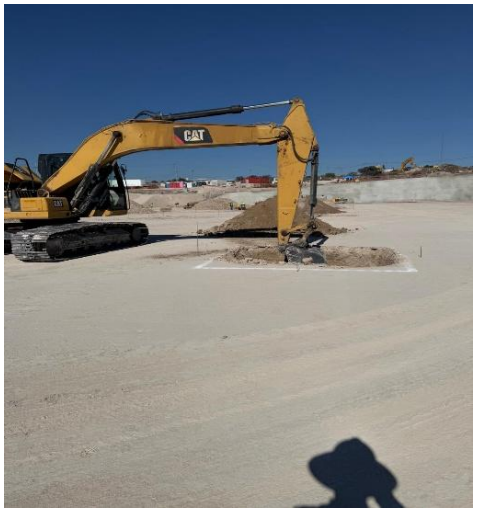


Figura 2.2 Excavación de zapatas.

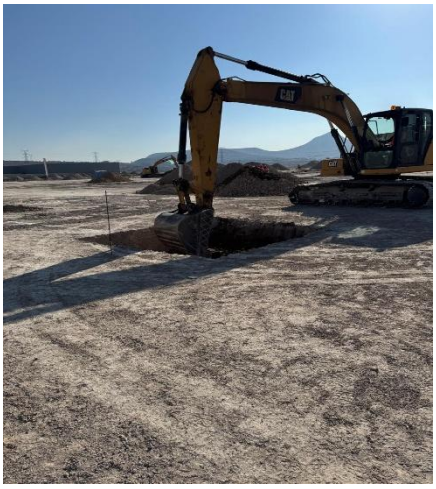


Figura 2.3. Excavación de zapatas

Una vez realizada la excavación por medio de trabajadores (ayudantes en su mayoría) y con ayuda de equipo menor (bailarina) se realizó un afine y compactación del terreno, la capa por afinar fue de 5 cm en su mayoría, (en algunos casos un poco menos) para obtener un correcto y uniforme nivel de desplante para los elementos. La forma de ejecutarlo fue esparcir una pequeña capa del material producto de excavación y humedecerlo para así facilitar su compactación. A continuación, en las figuras 2.4 y 2.5 se muestra la forma en que se realizó el afine.



Figura 2.4 Afine de zapatas.



Figura 2.5 Afine con bailarina.

Una vez realizada la excavación y el afine se continuó con el colado de una plantilla de concreto.

2.3.3 Colado de plantilla de concreto

La colocación de una plantilla de concreto es fundamental para prevenir que el elemento estructural (zapata) quede en contacto directo con el terreno natural para que este no se contamine, además de que ayuda a dar una superficie plana y uniforme para colocar correctamente el acero. Una vez teniendo afinada la zona de la excavación se precedió a tirar una plantilla de concreto de 5 cm de espesor, el tipo de concreto a utilizar fue un concreto pobre de resistencia 100 kg/cm2, debido al gran número de zapatas se solicitó un concreto premezclado, el tiro fue directo de la olla y con ayuda de los trabajadores se distribuyó y se cuidaron los niveles. Las zapatas coladas en promedio rondaban entre las 5-7 por jornal. En la figura 2.6 se muestra el colado de la plantilla de concreto.



Figura 2.6 Colado de plantilla



Figura 2.7 Colado de plantilla y trabe de liga

2.3.4 Habilitado y armado de acero de refuerzo

Para ejecutar los trabajos de los armados de acero, se subcontrató a 2 destajistas, uno para la nave #1 y el otro para la nave #2, la forma de trabajo fue por P.U. (Precio Unitario), se pagó cada volumen de obra ejecutado, por medio de estimaciones semanales, razón por la cual resultaba indispensable tener cuantificado los volúmenes de obra, para solo realizar el pago de trabajos 100% ejecutados. Primeramente, se partió del corte y habilitado de las piezas, para esto fue indispensable contar con buenos fierreros, que contarán ya con experiencia en la realización de cimentaciones para tener un mayor rendimiento, por consiguiente, un mayor avance de obra. Ya una vez teniendo el despiece correspondiente del elemento a construir (entre los 9 tipos de zapatas) se procedió con el armado del elemento, por medio de alambre recocido de acero, resultó de suma importancia poner mucho cuidado en las piezas, cuidar las dimensiones de las mismas, el acomodo y armado del acero además que las varillas correspondieran al diámetro indicado en planos, cuidar que se considerará una dimensión 3 cm menor en todas las direcciones, para tener un correcto recubrimiento del acero a la hora de colar el concreto. Para esta etapa se hizo uso de cortadoras de acero y el personal se distribuyó de la siguiente manera: Se tenían 2 cuadrillas (2 fierreros y 2 ayudantes) habilitando las piezas de cada zapata y otras 2 cuadrillas haciendo el acomodo, armado y amarre de las piezas de acero.

Los trabajadores asignados a habilitar las piezas tuvieron su sitio de trabajo cerca del almacén (para mayor acceso a el acero y disminuir los acarreos, Figura 2.8) y las otras cuadrillas situadas cerca de la excavación para hacer más fácil el acomodo del armado del acero en el punto ya marcado (mostrado en la Figura 2.9). Para el armado de las trabes de liga se colocaron y colaron la parrilla de la zapata y un muñón del dado para tener mayor rigidez y evitar el movimiento del demás acero, asegurando que este quedara en posición y al nivel correcto (expuesto en la Figura 2.10). Una vez teniendo el armado del acero se posicionaba

en el lugar de la excavación, al ya ser trazado por la brigada de topografía el lugar final de la zapata (véase Figura 2.12). Se hicieron en obra apoyos a base de concreto y alambrón para tener un recubrimiento por debajo del acero y este no quede en contacto directo con el suelo (mostrado en Figura 2.11). Una vez teniendo el armado en el lugar de la excavación se siguió con el cimbrado del elemento.



Figura 2.8: Habilitado de piezas de acero.



Figura 2.9 Armado de zapatas



Figura 2.10 Armado trabe de liga



Figura 2.11 Trazo de las zapatas en excavación



Figura 2.12 Colocación del armado de acero

2.3.5 Habilitado de cimbra

La función principal de la cimbra es soportar, modelar y contener el concreto fresco hasta que endurezca y pueda sostenerse por sí mismo como parte de la estructura permanente. Razón por la cual resultó de suma importancia realizar de forma correcta los trabajos.

El procedimiento que seguir fue el siguiente, debido a que se utilizó cimbra metálica modular, para los diferentes tipos de zapatas, para obtener elementos de una máxima calidad y sin variación en las dimensiones que podrían propiciarse con el uso de la cimbra tradicional (madera), además que a cimbra metálica garantiza obtener un acabado más liso y uniforme.

La cimbra fue rentada y el proveedor de acuerdo con las necesidades del proyecto hizo un despiece y modulación para cada elemento, el cual nos compartió en forma de planos para facilitar los trabajos de cimbrado. Como se muestra a continuación en la figura 2.13 y 2.14.

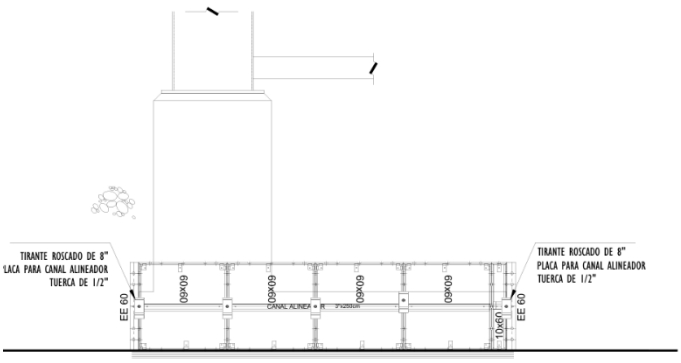


Figura 2.13 Modulación cimbra parrilla.

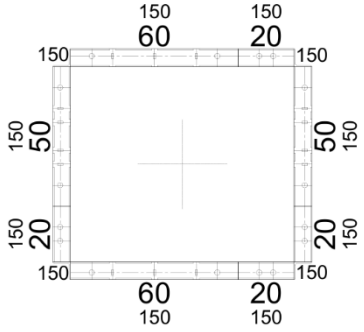


Figura 2.14. Modulación cimbra dado.

Primeramente, se obtuvo del almacén el despiece seleccionado para el tipo de zapata a cimbrar, paneles, pies derechos, canal alineador, tirante roscado y cuñas, después en base a planos se realizaba el armado, interconectando los paneles por medio de cuñas de acero, una vez unidos los paneles se colocaban los canales alineadores y se fijaban en la posición requerida por medio de tirantes roscados. Inicialmente se cimbraba solo la parrilla de la zapata, se colaba la misma y posteriormente se continuaba con el cimbrado del dado. Para el dado se siguió el mismo proceso, obtener la modulación adecuada, armar los paneles por medio de cuñas, mantenerlos en su posición por medio de canales alineadores y tirantes roscados y como un refuerzo adicional colocar pies derechos en un punto de la excavación para hacer una mayor presión y fijación del elemento. Como se puede observar a continuación (Figura 2.15).

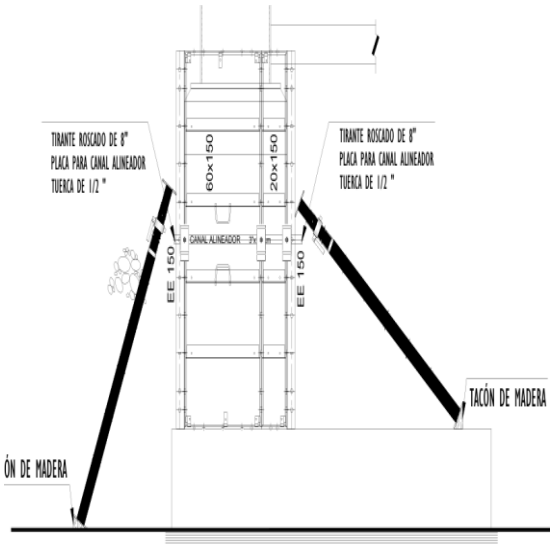


Figura 2.15 Método de colocación de cimbra modular de dado.

En la etapa de la cimentación se contó con 2 cuadrillas, que se conformaron por 2 carpinteros y 2 ayudantes, se trabajó en 2 cuadrillas para distribuirlos a diferentes elementos y obtener un mayor avance en los trabajos, en la etapa de cimbrado de las parrillas el rendimiento fue de 4-6 elementos diarios entre ambas cuadrillas y para el caso de los dados bajó hasta las 2 piezas debido a que debían colocarse y nivelarse con ayuda de la brigada de topografía. Cabe recalcar que todo elemento cimbrado necesitó previa autorización y liberación por parte de topografía, para asegurar que se tuvieran las medidas necesarias correspondientes a cada elemento. Para el caso de las zapatas perimetrales se colaba una pequeña sección del dado justo al nivel en el que interconectaba con la trabe de liga. A la brevedad se muestran ejemplos de la cimbra colocada en campo.



Figura 2.16 Cimbrado de parrilla

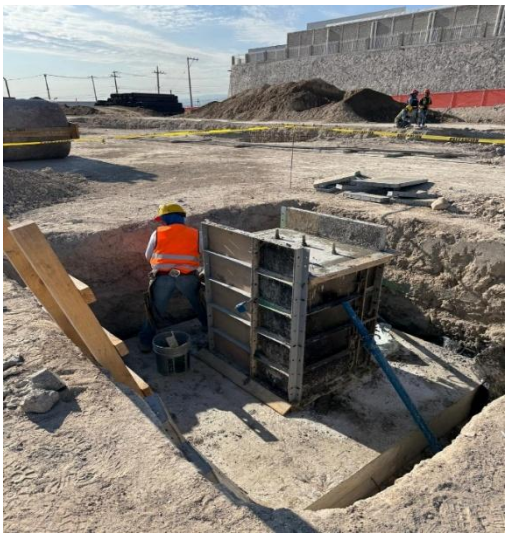


Figura 2.17 Cimbado de dado

Una vez colocada la cimbra al elemento estructural se procede a colocar las anclas en el armado de acero para después hacer la conexión con la estructura metálica se colocan las anclas, proceso que se describe a continuación.

2.3.6 Colocación de anclas

El uso de anclas es fundamental para garantizar la estabilidad, seguridad y adecuada transferencia de cargas de las estructuras de acero hacia las de concreto y, finalmente, al suelo. El procedimiento realizado fue el siguiente: inicialmente se seleccionó el espesor y la cantidad de anclas de acuerdo con el dado de cada zapata y la placa base correspondiente de la columna (Figura 2.18). Posteriormente, con el apoyo del equipo de topografía, se colocaron las anclas dentro del armado de acero (mostrado en la Figura 2.19).

El margen de tolerancia permitido fue de ±3 mm, debido a que los orificios de la placa base de la estructura metálica presentaban un diámetro mayor que el de las anclas. Durante la instalación se identificó que algunos trabajadores subcontratados mostraron limitada experiencia en la colocación de las anclas; esto se reflejó en que la liberación de una sola zapata por parte de topografía podía tardar hasta medio día.

El procedimiento de colocación consistió en fijar primero el ancla al dado de la zapata mediante un amarre de acero, y posteriormente, con la ayuda de topografía, ajustar su posición y nivel conforme a lo especificado en los planos estructurales como se observa en la Figura 2.20. Antes de colar el elemento, a la hora de realizar el cimbrado del dado, volvían a rectificarse los niveles y posición de estos elementos con ayuda de una placa que aseguraba que cada ancla conservara su posición, cabe resaltar que esta placa quedaba ahogada en el elemento de concreto ver Figura 2.21.



Figura 2.18 Anclas y tuercas para zapata.



Figura 2.19 Colocación de anclas en armado de acero.



Figura 2.20 Colocación y nivelación de anclas



Figura 2.21 Fijación de anclas con placa de acero.

Ya teniendo las anclas colocadas se procedió con el colado de concreto, proceso descrito a la brevedad.

2.3.7 Colado de concreto

El concreto es el encargado de trabajar en dualidad con el acero para resistir las cargas y ser el soporte de la estructura, así como transferir estas mismas cargas al suelo, El procedimiento para tener un correcto y adecuado trabajo de vaciado de concreto es el siguiente:

De primera mano, ya que se realizaron los colados con concreto premezclado, se realizó una cuantificación de acuerdo al elemento por colar, dimensiones: largo, ancho y alto, además de añadir un ajuste, para contemplar las pruebas de laboratorio, posibles desperdicios o la posible abertura de la cimbra, para realizar el pedido con un día de anterioridad a la planta

de concreto, con las características dadas por el proyectista, resistencia a la compresión (250 kg/cm^2) y un revenimiento de 14 cm ±2 cm con una resistencia a 14 días.

El día del concreto se preparaba al personal, además de rentar un vibrador de concreto, una vez la llegada de la olla, esta se dirigía a las oficinas provisionales, para dejar una muestra (una carretilla), para realizar las pruebas correspondientes, 2 cilindros de concreto para las pruebas de esfuerzo a la compresión y una prueba de revenimiento, para confirmar que se cumpliera con los estándares de calidad del proyecto. Una vez realizadas las pruebas y siendo aceptada, se realizaba el vaciado del concreto, que en este caso fue tiro directo Figura 2.22. Con olla en el sitio se colocaba de forma estratégica para distribuir de buena manera el volumen de concreto, a la vez que se vaciaba este, otro personal se encargaba de pasar el vibrador de concreto para que al descimbrar no se encontraran poros en la zapata y este se compacte correctamente, eliminando aire y vacíos, garantizando que el material alcance la máxima densidad.

De primera mano se colaba solo la zapata, después una vez ya habiendo pasado los 14 días y habiendo alcanzado su resistencia máxima se colaba el dado mostrado en Figura 2.23, el proceso fue el mismo, el colado a tiro directo, vibrándolo para tener un mejor resultado. Para el caso de las zapatas perimetrales, al colar la zapata se coló un moñón de dado (1/3 parte de la longitud del dado observar Figura 2.26), para hacer un colado monolítico del dado con la trabe de liga (ver Figura 2.24, la forma de colar la trabe de liga es la misma ya descrita con anterioridad. Para mantener la humedad y dar un correcto proceso de curado a la zapata, se hizo un riego de forma manual, en la mañana y en la tarde, esto durante un lapso de 7 días. La descimbra del material se hizo un día después del día de colado expuesto en la Figura 2.25.



Figura 2.22 Vaciado de concreto tiro directo.



Figura 2.23 Colado de dado.



Figura 2.24 Colado dado y trabe de liga.



Figura 2.25 Descimbra de dado



Figura 2.26 Colado de muñón de dado.

Ya una vez coladas las zapatas el siguiente paso para terminar con la etapa de la cimentación es el relleno y compactación del terreno, el cual se describe a continuación.

2.3.8 Relleno y compactación

El proceso de relleno y compactación es de suma importancia, ya que permite que el material que rodea la zapata se comporte de manera uniforme ante la aplicación de cargas, además de proporcionar estabilidad lateral, reduciendo el riesgo de desplazamientos futuros. Con base en los estudios de laboratorio realizados al material producto de la excavación, se determinó que éste cumplía con las características necesarias para ser utilizado en el relleno y la compactación. Esta condición representó un beneficio económico significativo, ya que no fue necesario adquirir material de banco para la ejecución de dichos trabajos.

Previo al inicio de las actividades de relleno y compactación, fue indispensable contar con la liberación de las pruebas de resistencia a la compresión del concreto. Una vez obtenidos resultados satisfactorios, se procedió a colocar el material dentro de la excavación mediante el uso de maquinaria pesada, específicamente una retroexcavadora. El material se colocó en capas con un espesor aproximado de 15 cm, las cuales, una vez compactadas, alcanzaron un espesor final de 10 cm.

Antes de la compactación, se añadió agua al material con el objetivo de alcanzar un contenido de humedad adecuado, facilitando así el proceso de compactación y mejorando sus resultados. Asimismo, se realizó una homogenización del material para garantizar una distribución uniforme de la humedad en toda la capa. Posteriormente, la compactación se llevó a cabo con equipo menor, tipo bailarina, realizando el recorrido de manera perimetral, desde el exterior hacia el centro de la zapata.

De acuerdo con el comportamiento del material durante la compactación, se evaluó la necesidad de realizar ajustes en el contenido de humedad. En caso de ser insuficiente, se añadió agua; mientras que, si se detectaba un exceso, se incorporó cal para reducir la humedad del suelo y mejorar sus condiciones. La altura promedio de relleno y compactación osciló entre 1.80 m y 2.00 m. Para asegurar que la compactación cumpliera con lo especificado en el proyecto, conforme al 95 % de la prueba Proctor, se realizaron ensayes de laboratorio en cada capa compactada antes de proceder con la siguiente.

Durante este proceso se presentaron diversos contratiempos que ocasionaron retrasos en la ejecución de los trabajos. Debido al elevado número de zapatas, el laboratorio contratado presentó demoras en la entrega de resultados, y en algunas ocasiones el personal y equipo tardaban más de tres horas en arribar al sitio de obra. Estas situaciones provocaron la suspensión temporal de los trabajos de compactación, afectando el avance conforme al programa de obra establecido.

Dichos inconvenientes representaron un reto significativo, ya que fue necesario realizar una reprogramación de actividades para evitar la inactividad del personal en obra. Para ello, se asignaron labores alternativas, como el armado de acero en elementos pendientes, trabajos de cimbra y la limpieza general de áreas donde las actividades ya habían sido concluidas. De esta manera, se logró mantener la continuidad de los trabajos y, una vez obtenidos los resultados de laboratorio, se procedió de forma inmediata a continuar con el relleno y la compactación hasta alcanzar los niveles establecidos en el proyecto. A continuación, se muestran fotografías que ejemplifican el proceso descrito.



Figura 2.27 Compactación con equipo menor.



Figura 2.28 Relleno de material.



Figura 2.29 Realización de pruebas de laboratorio.



Figura 2.30 Compactación de capas finales.

Los procesos previamente descritos conforman la etapa de cimentación, la cual es fundamental para el correcto desempeño estructural de la obra. Cada una de estas actividades reviste gran importancia, ya que una adecuada calidad en los materiales y una correcta ejecución de los trabajos garantizan la seguridad estructural y una eficiente transmisión de cargas de la estructura metálica hacia el suelo de desplante.

Durante el desarrollo de esta etapa es indispensable verificar de manera continua las longitudes, los trazos y los niveles, con el fin de asegurar que los elementos se ejecuten

conforme al proyecto. Asimismo, debe mantenerse un control constante sobre el personal, con el objetivo de evitar desperdicios mayores a los considerados o permitidos, los cuales podrían generar sobrecostos y afectar la utilidad del proyecto.

Estas medidas de control deben aplicarse en actividades como la colocación de la plantilla de concreto, el armado del acero de refuerzo y el colado de las zapatas. Cabe mencionar que, debido a que únicamente se subcontrató la mano de obra y el suministro de materiales fue responsabilidad directa de la empresa, se detectó que, en ausencia de una supervisión adecuada, el personal no mostraba el cuidado esperado, lo que derivaba en un desperdicio considerable de materiales.

De igual forma, resulta de suma importancia el manejo adecuado de la cimbra modular, tanto durante su colocación como, especialmente, en el proceso de descimbrado, con la finalidad de conservarla en buenas condiciones, para permitir su reutilización y garantizar la calidad de los trabajos subsecuentes.

Así mismo es primordial fijar de forma correcta la cimbra para que cuando llegue el momento del colado esta no se abra y cambien las dimensiones de la zapata ni el consumo de concreto aumente, así como debe cuidarse en gran manera realizar un correcto vibrado del concreto para evitar que queden oquedades o espacios vacíos y este trabaje de manera adecuada.

Una vez concluida la descripción correspondiente a la etapa de cimentación, se procede a detallar el procedimiento constructivo para la fabricación de la estructura metálica principal del almacén general.

2.4 Fabricación de la estructura metálica

La estructura metálica es uno de los sistemas principales junto con la cimentación en la construcción de naves industriales, cuya función es garantizar resistencia, estabilidad y durabilidad, permitiendo espacios libres y grandes claros sin utilizar tantos apoyos intermedios. En este apartado será descrito con detalle, desde la vivencia del autor, el proceso constructivo de la estructura metálica, las etapas por las que pasa el acero desde la compra, el corte, el armado, la aplicación de la soldadura, la limpieza hasta la aplicación de acabados. Resaltando puntos clave donde el constructor debe poner especial énfasis para garantizar una correcta ejecución, calidad de los trabajos y evitar retrabajos que se reflejan en retrasos en tiempo y a su vez en sobre costos. Para dar inicio el primer paso a seguir es el cálculo de los materiales para realizar las órdenes de compra del material.

2.4.1 Cuantificación y corte de los materiales

El realizar una correcta cuantificación de los materiales es de suma importancia para cuando los trabajos se estén ejecutando no causar ningún tipo de retraso con los obreros, por estar en espera de material para poder trabajar. Una vez teniendo los planos de taller, entregados por el proyectista, se realizó un análisis donde se determinó de acuerdo con el tipo de perfil o

placa y las piezas por fabricar cuál formato resultó ser más conveniente comprar, para tener la menor cantidad de desperdicio de acero. Los elementos en los que el desperdicio resultó más notorio fue el caso de las trabes, en especial en las almas del perfil tipo IR, razón por la cual se hizo el acomodo de primera mano en AutoCAD, para elegir el tipo de formato de la placa de acero a comprar, (6x20, 6x40, 8x20). En la Figura 2.31 se observa el dibujo de las almas y patines de las trabes a fabricar.

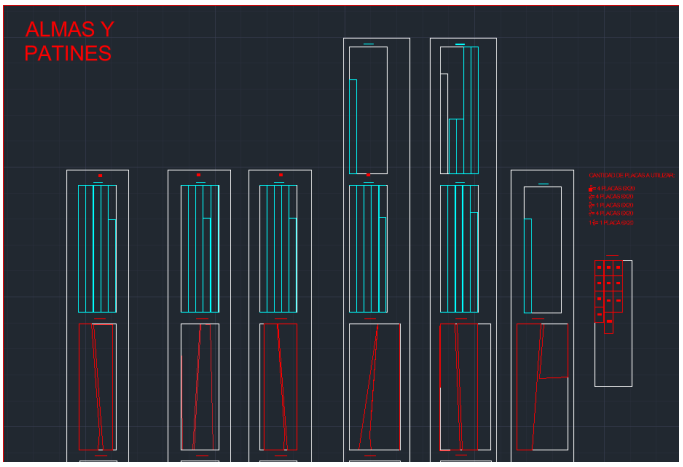


Figura 2.31 Dibujo almas y patines (elaboración propia).

Una vez teniendo los elementos dibujados se realizó un acomodo en corte para CNC (Control Numérico Especializado). Después un oficial de CNC programó en Techmation las trayectorias, velocidades y parámetros de seguridad necesarios para cortar de forma precisa el acero. Así, por medio de un panel de control HMI (pantalla gráfica) se fabricó la pieza correcta (ver Figura 2.32). El corte fue realizado por una máquina de CNC térmico, elemento encargado llevar a cabo el corte de las placas de acero y las piezas necesarias para cada elemento a fabricar. (Ver la Figura 2.33).



Figura 2.32 Panel de control CNC



Figura 2.33 Corte de placa metálica.

Los elementos de formas más regulares como lo son los patines de las trabes o columnas se realizaron con una tortuga de oxicorte (cortadora quick), con ayuda de un oficial y un correcto trazo sobre la placa metálica. Este tipo de corte puede observarse en la Figura 2.34. Con esta herramienta igual se realizaron los bíseles para en el posterior proceso de soldadura para que la unión de los elementos sea aún mejor. Una vez con las piezas cortadas de las dimensiones necesarias, por medio de un montacargas se trasladaban a otra área para el proceso de limpieza y posterior armado del elemento que se describe a continuación.



Figura 2.34 Corte con Quick.

2.4.2 Limpieza y armado

El objetivo de la limpieza de piezas metálicas, una vez que salen del corte de CNC es eliminar rebabas, residuos metálicos, y contaminantes que quedan en la superficie de las piezas. Esto permite que tengan la calidad necesaria para su uso y genera mejores resultados a la hora del armado y soldado.

El primer paso es realizar una inspección visual para identificar: rebabas o cortes filosos, escoria, restos del corte o virutas metálicas. En la limpieza de los elementos se tuvo destinada a una cuadrilla de 3 ayudantes y un oficial, para eliminar las impurezas del corte y tener mejores acabados en las piezas, para facilitar y mejorar las uniones en el armado y posterior soldado del elemento. La herramienta utilizada para ejecutar estas tareas fue un esmeril con carda, disco de lija y disco de corte. Lo anterior puede observarse en las Figuras 2.35 y 2.36.



Figura 2.35 Limpieza de elementos metálicos.



Figura 2.36 Limpieza con esmeril y carda.

Ya realizada la limpieza de las piezas que conforman el elemento metálico, se procede con su armado, tal y como se describe a continuación.

El armado se hace en mesas diseñadas para ello (en este caso soportes de vigas de perfil IR). Primero, se une el alma y los patines, tanto el inferior como el superior. Aquí se corroboran las escuadras, rectitud, paralelismo de los patines y las dimensiones finales que debe tener el elemento. Esto con ayuda de una grúa titán para el acomodo y posicionamiento de las placas metálicas. Para mantenerlas en posición fija, se colocaron puntos de soldadura en el elemento (ver Figura 2.37). Entonces, se trabajó en 2 procesos de armado, el ya descrito y otro para los accesorios, atiezadores, placas de conexión, cartabones y placas base siguiendo el mismo procedimiento (ver Figura 2.38).



Figura 2.37 Armado de alma y patines.



Figura 2.38 Armado de accesorios

Una vez posicionados los elementos en el lugar indicado, es necesario fusionarlos mediante la soldadura. En el siguiente apartado se describe el proceso.

2.4.3 Aplicación de soldadura

La función fundamental de la soldadura es la de unir de forma permanente 2 elementos metálicos, mediante la aplicación de calor para formar una sola pieza resistente capaz de distribuir las cargas de manera eficiente.

El primer paso antes de aplicar la soldadura es cerciorarse de que los puntos de aplicación se hayan limpiado correctamente, y que el armado de las piezas sea el adecuado conforme a los planos de taller. Para aplicar la soldadura se usó una máquina de micro alambre MAG (Metal Active Gas) que utiliza gases que reaccionan con el metal durante la soldadura, como lo es el CO_2 para proteger el baño de la soldadura. El personal involucrado incluyó un oficial soldador por elemento, para tener una mayor producción en piezas, ya que el uso del micro alambre ofrece mayor limpieza, un cordón de soldadura más uniforme y velocidad a la hora de soldar. El voltaje necesario a utilizar fue de 220 V con corriente alterna. La soldadura por micro alambre se realizó solo para la unión del alma y los patines mostrados en la Figura 2.39 con un calibre de alambre 4.0 mm. El rendimiento fue: en trabes metálicas 2 días para los cuatro cordones de soldadura, realizando una cara del elemento por día. Y para las columnas metálicas de hasta 3 días debido a la longitud de estas.

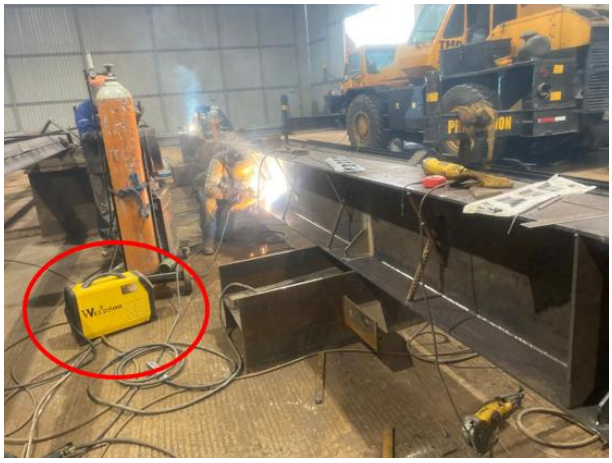


Figura 2.39 aplicación de soldadura con micro alambre.



Figura 2.41 aplicación de soldadura accesorios con electrodo.

Para el caso de los accesorios se hizo mediante electrodo (ver Figura 2.41), con uno E7018 que indica:

- E = electrodo para soldadura por arco eléctrico.
- 70 = Resistencia mínima a la tensión (70,000 psi aproximadamente)
- 1 = Se puede soldar en todas las posiciones (plana, horizontal, vertical y sobre la cabeza)
- 8 = Tipo de revestimiento de bajo hidrógeno.

Cabe recalcar que, con los cordones de soldadura realizados, el mismo oficial se hizo cargo de limpiar la soldadura mediante cepillos de micro alambre o pulidora con carda donde fuera necesario eliminar defectos de chisporroteo, rebabas o falta de fusión y poros. Con los elementos ya soldados para cerciorar la calidad de los trabajos se realizaron pruebas de laboratorio a cada elemento, las cuales fueron: la prueba de líquidos penetrantes (ver Figura 2.42), ultrasonido, visual testing (inspección visual) y un dimensional al elemento.



Figura 2.42 Prueba de líquidos penetrantes.

Se subcontrató a un laboratorio para realizar las pruebas a cada elemento estructural. Si un elemento presentaba fisuras en la soldadura, poros o no aprobaba alguna prueba, se levantaba la soldadura por arco aire (air carbón arc), y se realizaba la limpieza correspondiente para repetir el proceso de la aplicación de soldadura. Una vez aprobadas, se hizo una limpieza más profunda del elemento en la soldadura para liberarla y pasar la pieza al área de sand blasteo y recubrimiento descrito a la brevedad.

2.4.4 Aplicación de Sand blasteo y recubrimientos

El Sand blast (limpieza abrasiva con chorro de arena) es una técnica que, mediante el uso de un abrasivo, en este caso arena silica y aire a presión remueve el óxido, suciedad y contaminantes además de generar un perfil de anclaje adecuado para la correcta adherencia del recubrimiento. Primeramente, debe haber una preparación del material que se da en la última limpieza en la etapa de soldado.

Para su aplicación se utilizó una olla de sand blast, compresor, manguera, válvulas y la pistola para lanzar el abrasivo a aproximadamente un metro de distancia del elemento metálico. Para la aplicación es necesario medir las condiciones ambientales, no solo en la limpieza con chorro de arena, sino también en la aplicación del primario y el esmalte que dio el acabado final. Las condiciones a medir son: temperatura ambiente, temperatura del sustrato, humedad relativa y el punto de rocío. Cabe resaltar que día con día, antes de iniciar actividades se tomaban estas condiciones para garantizar una correcta aplicación de los acabados. Las

mediciones se realizaron en la mañana y en la tarde y en casos donde se registraba un cambio brusco climático, se realizaba una medición adicional (ver Figura 2.43).

El porcentaje de humedad o %RH no debe exceder el 85% para poder aplicar el recubrimiento. En la Figura 2.43 se tiene que Ts es la temperatura del sustrato, esta debe ser al menos 3°C mayor que el punto de rocío (Td) y Ta es la temperatura del aire, que debe ser menor a los 35°C.



Figura 2.43 Medición de condiciones ambientales.

Para maniobrar los elementos y darles vuelta para la aplicación en todas sus caras se hizo uso de una grúa titán. Las micras que necesitó penetrar el abrasivo para este caso en particular, para que después los acabados tuvieran una mejor adherencia, fueron 2.5 micras. Las actividades se realizaron con oficiales san blasteros (ver Figura 2.44 para observar la aplicación de sand blast).


Figura 2.44 Aplicación de sand blast.

Una vez generado el correcto perfil de anclaje, se procedió a aplicar un primario, cuya función principal es proteger contra la corrosión y asegurar la adherencia de las capas posteriores de pintura. Se utilizó un primario Sigmarine 28 y thiner americano en una proporción de 70% primario y 30% thiner. De la misma manera fue necesario medir las condiciones ambientales antes de la aplicación, la cual, se realizó con compresor y pistola de aire, dando 2 manos de primario por elemento estructural (ver Figura 2.45).



Figura 2.45 Elementos con primario.

La aplicación del acabado final siguió el mismo proceso que el primario, solo que se utilizó un esmalte alquidalico flash coat de la marca comex, debido a su acabado, rápido secado y a su protección anticorrosiva en metales para garantizar un mejor resultado y durabilidad ante el cliente. La relación fue la misma 70% esmalte y 30% thiner amerciano. La aplicación fue con una pistola de pintura a 2 manos (ver Figura 2.46).



Figura 2.46 Aplicación de pintura con pistola.

Para garantizar que la aplicación del recubrimiento cumpliese con los estándares de calidad, se realizaron pruebas de laboratorio de perfil de anclaje a cada elemento estructural, donde si un elemento no cumplía con la prueba, entonces se tenía que repetir todo el proceso desde

el sand blast. A continuación, se muestran imágenes de la prueba del perfil de anclaje (Figura 2.47).

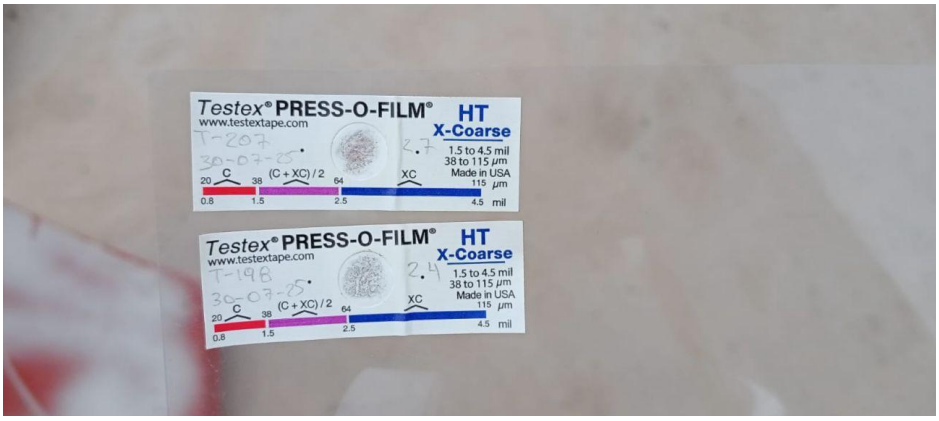


Figura 2.47 Resultados prueba perfil de anclaje.

Una vez aprobadas las pruebas de calidad de recubrimiento del elemento, el siguiente paso fue el transporte a la obra. Cabe recalcar que la estructura metálica se fabricó en la planta de prefabricados de la empresa "X", ubicada en el municipio de Tonanitla. Para el transporte de los elementos se hizo uso de 2 tracto camiones con plana de 10 metros de longitud aproximadamente y con apoyo de una unidad piloto ya que algunos elementos excedían las dimensiones de la plana. Para hacer la maniobra de carga y descarga se hizo uso de una grúa Terex (ver Figuras 2.48 y 2.49).



Figura 2.48 Maniobra de carga estructura.



Figura 2.49 Maniobra con apoyo de grúa.

La capacidad de carga del tracto camión es de 30 ton. De acuerdo con el peso y dimensiones de los elementos se buscaba mandar la mayor cantidad de piezas en cada embarque para reducir traslados de los tractocamiones. El acomodo de los elementos metálicos se ilustra en las Figuras 2.50 y 2.51.



Figura 2.50 Carga de estructura en tractocamión.



Figura 2.51 Acomodo de estructura en plana tractocamión.

De esta manera se concluye con el proceso de fabricación de la estructura metálica. Es muy importante cuidar cada uno de los pasos, en especial el acomodo de las piezas. Con ello, se reduce el desperdicio de material. En cuanto al armado y soldado de cada elemento estructural es necesario verificar que estén en el lugar y posición que corresponde, para no realizar retrabajos de retirar la soldadura, mover el elemento y volver a colocar la soldadura. Hay que tener especial cuidado en la aplicación de soldadura, que se contrate solamente personal capacitado y con experiencia para que con facilidad estas uniones puedan pasar todas las pruebas de laboratorio correspondientes. Eso evita realizar retrabajos que se reflejan en sobrecostos y permite tener una buena programación y distribución de los elementos para tener una buena producción y no duplicar la fabricación de ningún elemento estructural.

2.5 Montaje de la estructura metálica principal

El montaje representa una de las etapas más importantes en la construcción de una nave industrial, ya que se ensamblan todos los marcos rígidos que son los encargados de recibir y transmitir las cargas a la cimentación. Además, otorga soporte para el peso de la cubierta e instalaciones. En pocas palabras, es el esqueleto de la estructura.

Esta actividad se ejecutó en 2 etapas. En la primera se montaron las 164 columnas sobre los dados de las zapatas correspondientes. Para las trabes y accesorios, se hicieron modulaciones en el suelo. Con ello, se tiene un mayor rendimiento en el montaje y se disminuyen los trabajos en altura, lo cual incrementaría el uso de maquinaria, el tiempo de ensamble y el riesgo de accidentes. A continuación, se detalla la manera en la que se realizó el montaje de las columnas.

2.5.1 Montaje de columnas

Para colocar las columnas, se hizo uso de una grúa con su respectivo operador y la sujeción del elemento fue con eslingas (ver Figura 2.52). Una vez que los elementos llegaban a la obra, se posicionaron en lugares estratégicos para facilitar el izaje y colocación. Además, se contó con 2 montadores encargados de la logística y colocación del respectivo elemento en su lugar. También se vigiló el ajuste de las tuercas entre la placa base del dado y la placa

conexión de la columna. De igual manera, se contó con seguristas para delimitar las áreas y trabajar bajo un ambiente seguro (ver Figura 2.53).



Figura 2.52 Montaje de estructura con eslinga.



Figura 2.53 Montaje de columnas con cuadrilla y segurista.

Terminada la maniobra con ayuda de la brigada de topografía, se verificó la alineación del elemento y su plomeo, con una tolerancia de +- 2mm. Ya aprobado el elemento con esos estándares, por medio de perros y cables de acero se tensó en otros puntos de apoyo para mantener la posición (ver figuras 2.54 y 2.55). Después, se podía continuar con el montaje de las trabes metálicas y demás accesorios. El rendimiento promedio con la cuadrilla mencionada fue de 5 elementos por día. Después con la llegada de la segunda grúa se duplicó el rendimiento a 10 elementos diarios.



Figura 2.54 colocación de cables de acero



Figura 2.55 Apoyo de columnas con cable de acero

Con las columnas montadas, se realizó el montaje de las trabes y demás accesorios, como los largueros, contravientos y puntales para conformar los marcos rígidos, proceso descrito a continuación.

2.5.2 Montaje de trabes, contravientos y puntales de arriostramiento

Para disminuir los trabajos en alturas, que implicaba ir montando trabe por trabe, después los largueros, contravientos y puntales de arriostramiento, se optó por formar modulaciones con todos los accesorios en el suelo. Así, no solo se lograron conectar las trabes, sino también colocar y conectar los largueros para subir el módulo (ver Figura 2.56). Con ello, los únicos trabajos realizados en las alturas fueron la colocación de los contravientos horizontales y de los puntales de arriostramiento. Para cubrir un claro (eje 1-2 del eje A-H) de acuerdo a proyecto, se necesitaban 22 trabes metálicas, 88 largueros tipo L1 y 12 largueros tipo L2, 11 juegos de contravientos horizontales, 800 contra flambeos y 224 puntales de arriostramiento.



Figura 2.56 Armado de modulo en el suelo.

De esta forma, se repartió el claro en 5 modulaciones. La primera de 6 trabes y las siguientes de 4 trabes hasta cerrar el módulo. Los largueros, contra flambeos y puntales van en base a las trabes, ya que sobre la parte superior cuentan con las placas conexión para cada tipo de larguero. Los contra flambeos se colocaron de larguero a larguero para rigidizarlo y mantenerlo en posición. En la trayectoria del larguero van 4 flambeos. De esa manera se agilizó notoriamente el proceso del montaje de la estructura. Se utilizaron 2 grúas con ayuda de 2 balancines para contar con mayor estabilidad al izar los módulos (ver Figura 2.57).



Figura 2.57 Izaje de módulo con apoyo de balancín.

Una gran problemática que resultó al ir cerrando los módulos fue: que debido a un desfase por pare del equipo de topografía y obra civil, los módulos no alcanzaron a cerrar, ya que, al colocar el módulo final, la última columna debía desplomarse para alcanzar la conexión de los elementos. Esto resultaba peligroso y no garantizaba seguridad para el cliente (ver Figura 2.58). Ese problema fue recurrente en todos los ejes del CEDIS. La solución propuesta por el equipo fue con placas de diferentes espesores. Así, de acuerdo al desfase tenido en cada eje, se colocaban placas de diferentes espesores en forma de peines o galleas entre las placas conexiones de trabe a trabe (ver Figura 2.59). Consecuentemente, se logró perder ese desface y al final se llegó a una conexión correcta. Eso se reflejó en un sobrecosto, debido a la compra de una mayor cantidad de placas de acero.



Figura 2.58 desfase de estructura.



Figura 2.59 Colocación de peines en placa base.

Una vez cerradas las modulaciones, los siguientes elementos por montar son los contravientos horizontales y los puntales de arriostramiento. Estos se hicieron con ayuda de plataformas o grúas genies. En el caso de los contravientos horizontales solo se realizó la conexión mediane tornillería. Un juego de estos se compone de un contraviento largo y 2 complementarios que conforman la X mostrada en las Figuras 2.60 y 2.61.



Figura 2.60 montaje de contraviento con grúa genie



Figura 2.61 conexión atornillada de contraviento

De manera simultánea se realizó la colocación de los puntales. Estos se soldaron de la conexión de la trabe ya sea atiezador o cartabón, hacia una placa de 25x25 de ¼" colocada en cada orilla del larguero. La unión de esos elementos se realizó con grúas genies y por medio de soldadura (ver Figura 2.62). El hecho de que la conexión se hiciese por medio de soldadura también implicó un sobrecosto, ya que los largueros se encontraban con el recubrimiento. Las trabes, al igual que los puntales resultaron dañados, al momento de aplicar la soldadura, de tal suerte que al acabado final se le tuvo que dar una segunda capa de pintura (ver Figura 2.63).



Figura 2.62 colocación de puntales con grúa genie.

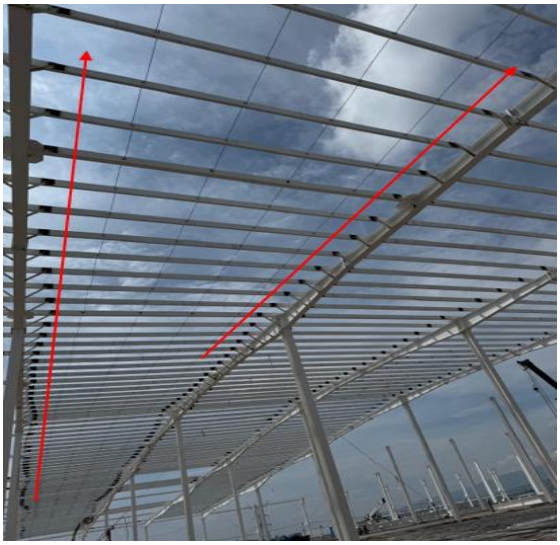


Figura 2.63 Daño en recubrimiento producto de la soldadura de puntal.

De esa manera se realizó el montaje de los demás accesorios que conforman la estructura metálica principal del CEDIS. El paso siguiente fue corroborar que las conexiones tuvieran el torque adecuado según el proyecto, proceso que se describe enseguida.

2.5.3 Revisión de torque de la estructura

Para garantizar un correcto funcionamiento de la estructura es necesario cerciorarse de que las conexiones atornilladas de los elementos cuenten con el torque adecuado según lo indicado por el proyectista. Esto asegura que las uniones estén más firmes, lo cual garantiza que las cargas sean uniformes evitando las concentraciones de esfuerzos. Además de que un correcto torque reduce la posibilidad de que los pernos se aflojen con el tiempo, lo que disminuye los costos de mantenimiento.

Para tener la liberación del elemento metálico por parte de la supervisión era necesario rectificar que el torque de cada elemento metálico fuera el indicado por el proyecto. De primera mano se realizaba la conexión al hacer el montaje y un equipo adicional y capacitado por parte del departamento de calidad le daba el torque necesario a cada perno, con ayuda de un torquímetro o llave dinamométrica (ver Figura 2.64).



Figura 2.64 Llave dinamométrica para aplicación de torque.

Al momento de realizar el torque fue necesario: verificar que para cada conexión de elemento estructural (columnas, trabes, contravientos) se usara el tipo de tornillo indicado. De igual manera, se aseguró que el grado de acero del tornillo fuera el indicado en planos de taller. El siguiente paso consistió en revisar las superficies de contacto y que las condiciones de estas se encontraran limpias. Asimismo, se garantizó que las roscas de los tornillos se encontraran sin daños, rebabas o desgaste. Adicionalmente se verificó que el equipo se encontrara correctamente calibrado para no tener un sobre apriete y colocar el torque correspondiente de acuerdo con el proyecto. Después con ayuda de la llave dinamométrica, por medio del

método de torque controlado, se desarrolló una correcta secuencia de apriete de acuerdo al propuesto por el personal calificado. Ya realizado el torque debe verificarse que las placas de conexión estén en contacto completamente y que no existan separaciones ni desalineaciones. Al contar el tornillo con el torque adecuado, se marcaba con una línea. Así se llevaba un correcto control del avance del torque. Cabe mencionar que se realizó el torque con un lubricante (grasa) para obtener las condiciones de torque optimas, que garantizaran un apriete con mayor facilidad. A continuación, se presenta la tabla del torque a aplicar de acuerdo a lo indicado por el proyectista (ver Figura 2.65).

TABLA DE TENSIÓN REQUERIDA Y PARES DE APRIETE (TORQUE) EN TORNILLOS DE CONEXIONES*

DIÁMETRO NOMINAL		TIPO A–325			TIPO A–490		
		TENSIÓN MÍNIMA	TORQUE EN SECO	TORQUE LUBRICADO	TENSIÓN MÍNIMA	TORQUE EN SECO	TORQUE LUBRICADO
(in)	(mm)	(kg)	(lb–ft)	(lb–ft)	(kg)	(lb–ft)	(lb–ft)
1/2	12.7	5,100	105	79	6,800	130	98
5/8	15.9	8,600	210	155	10,900	265	195
3/4	19.1	12,700	365	275	15,900	460	345
7/8	22.2	17,700	595	450	22,200	750	560
1	25.4	23,100	890	670	29,000	1,120	840
1 1/8	28.6	25,400	1,100	825	36,300	1,575	1,180
1 1/4	31.8	32,200	1,550	1,165	46,300	2,230	1,675
1 3/8	34.9	38,600	2,050	1,535	54,900	2,910	2,185
1 1/2	38.1	46,700	2,700	2,025	67,100	3,885	2,915

Figura 2.65 Tabla de torque para los tornillos de las conexiones, SACMAG boletín 001 “Revisión para tornillerías en conexiones”.

2.6 Notas finales

Antes de iniciar con el proyecto tanto de la cimentación como de la estructura metálica, fue de suma importancia contar con cuantificaciones de materiales tanto de acero de refuerzo (varillas para el caso de la cimentación) y acero estructural (para la estructura metálica). Con esto, se pudieron realizar varias cotizaciones con distintos proveedores, para obtener el precio más competitivo en el mercado cercano. El siguiente paso igual o más importante fue el realizar la correcta planeación y programación de los trabajos, desde logística y tiempos, para avanzar de manera simultánea ambos trabajos. Esto se tradujo en un adelanto respecto a el programa de obra, lo que fue de gran ayuda ya que, debido a cambios presentados en el

proyecto durante la marcha, se causaron retrasos que pudieron compensarse con los adelantos obtenidos por realizar los trabajos al mismo tiempo.

Cabe mencionar que los cambios de proyecto fueron presentados por el proyectista con un tiempo de espera de 1-2 meses, lo cual, generaba re trabajos. Al no tener las modificaciones realizadas por el cliente de forma instantánea, no se podía detener al equipo de trabajo. Consecuentemente, los trabajadores debían regresar a hacer las modificaciones y adaptaciones correspondientes.

Lo más importante durante las etapas de trabajo fue dividir de forma adecuada a la mano de obra con la que se contó. Así, el avance fue continuo en todo momento. Además de prever con tiempo todo lo necesario para la ejecución de las actividades, desde materiales, maquinaria, herramienta y áreas de trabajo, para que en ningún momento se tuviera detención de los procesos, pese a que las condiciones climáticas fueran muy adversas. Cabe mencionar que resultó de gran ayuda contar con mano de obra capacitada, ya que a pesar de que los salarios suelen estar un porcentaje por encima del promedio, esto se ve reflejado a la vez en un mayor rendimiento por jornada de trabajo. Así, se logra tener mejores resultados de calidad, disminuyendo en gran manera el desperdicio y sobre costo que implica un trabajo de mala calidad.

Con estas ideas en mente, se concluye que en este capítulo se describió de manera detallada todo lo que conlleva realizar la cimentación para una nave industrial. Así, se abordó el proceso de trazo y nivelación, excavación, afine, colocación de plantilla, armado, cimbrado, colado y relleno, con énfasis en los puntos que el autor considera importantes, y donde debe tenerse cuidado ya que impactan de gran manera en el resultado final. Consecuentemente, se mostró el método constructivo seguido por el autor, además del uso de materiales, equipo, maquinaria y herramientas necesarias para la ejecución de la cimentación. De igual manera, se presentó la metodología a seguir para la fabricación de la estructura metálica principal para un almacén industrial, desde el corte, limpieza y armado, aplicación de soldadura, sand blasteo, colocación de primario y recubrimiento final, transporte al lugar de los trabajos (en caso de que la fabricación no sea en el lugar de los trabajos), pasando por el proceso del montaje, hasta llegar a la verificación del torque de las conexiones de la estructura.

Una vez descritos ambos procesos, en el tercer y último capítulo de esta memoria se presentan de manera concreta algunos detalles de la ejecución que pueden documentarse como lecciones aprendidas, nuevamente con la intención de que el lector interesado pueda hacer uso de las vivencias del autor en este tipo de construcciones. Finalmente se pretende rescatar algunas ideas, y evitar los errores o descuidos que pueden llegar a cometerse en una obra como la aquí presentada. Se cree firmemente que al prevenir los problemas que pueden impactar la ejecución de dicha obra, los lectores pueden tomar como punto de partida las soluciones implementadas por el autor y el equipo de trabajo que lo apoyó.

CAPÍTULO 3

CAPÍTULO 3 LECCIONES APRENDIDAS

3.1 Introducción

En capítulos anteriores se tuvo la oportunidad de describir de forma general y detallada la estructura y composición del proyecto, así como los aspectos técnicos, el proceso constructivo y dificultades presentadas durante la ejecución. Razón por la cual la parte técnica ha quedado explicada. Durante este capítulo se abordarán algunas partes relacionadas con la administración del proyecto. Se utilizará como referencia el libro "Administración profesional de proyectos: la Guía", escrito por Yamal Chamoun (2002), en el que se presentan las etapas y áreas que el Project Management Institute (PMI), de los Estados Unidos, ha reconocido como relevantes para la correcta gestión de proyectos. Lo anterior se basa en el método Escala, "un esquema práctico y probado en más de 275 proyectos, encausado a tratar eficientemente la administración de nuestros proyectos" (Chamoun, 2002 p.19).

Un proyecto puede definirse como un "conjunto de esfuerzos temporales, dirigidos a generar un producto o servicio único" (Chamoun, 2002, p. 27). En la práctica, las personas se encuentran constantemente involucradas en proyectos, ya sean de carácter sencillo o complejo, los cuales forman parte de la vida cotidiana. Un ejemplo representativo es la construcción del Centro de Distribución (CEDIS) para la empresa Hermanos Grisi, obra que implicó la coordinación de múltiples disciplinas y recursos con el propósito de materializar una nave industrial funcional.

Todo proyecto se estructura a partir de diversas etapas que permiten su adecuado desarrollo y control. De manera general, estas se clasifican en cinco: inicio, planeación, ejecución, control y cierre (Chamoun, 2002). Entre ellas, las fases de planeación, ejecución y control destacan por su carácter cíclico y su contribución a la mejora continua del proyecto.

Para garantizar el cumplimiento de los objetivos establecidos, es indispensable definir, en primera instancia, la forma en que se llevarán a cabo las actividades mediante una planeación adecuada. Posteriormente, ejecutar dichas actividades conforme a lo previsto. Y finalmente, verificar que los resultados obtenidos correspondan con los esperados. En caso contrario, es necesario replantear las estrategias y ajustar el proceso, repitiendo este ciclo de mejora continua, conocido como "planear–hacer–verificar–actuar" (Chamoun, 2002, p. 31).

Para tener una buena administración y concluir un proyecto con éxito de acuerdo al método escala, se deben cumplir tanto los objetivos tradicionales de tiempo, costo y calidad, como lograr la satisfacción del cliente y los involucrados claves. En paralelo, es importante desarrollar relaciones a largo plazo con proveedores y los demás integrantes del equipo (Chamoun, 2002). En este contexto, deben considerarse nueve áreas de administración, que son: alcance, tiempo, costo, calidad, recursos humanos, comunicación, riesgo, abastecimiento e integración.

A lo largo del presente capítulo se exponen diversos conceptos teóricos relacionados con la administración profesional de proyectos. Se emplean como marco de referencia para

establecer una comparativa con lo ocurrido durante el desarrollo del proyecto, tanto en la etapa de cimentación como en la fabricación de la estructura metálica. Este análisis permite identificar similitudes y diferencias, con el propósito de formular recomendaciones que resulten de utilidad en futuros proyectos.

3.2 Teoría de la gestión de proyectos

La gestión de proyectos puede entenderse como la aplicación sistemática de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas en el desarrollo de las actividades que conforman un proyecto. Su propósito es cumplir de manera eficiente con los requisitos establecidos, además de generar relaciones de largo plazo con todos los involucrados en el proyecto. Para lograr esta correcta gestión en la Figura 3.1 se muestran las áreas mencionadas.

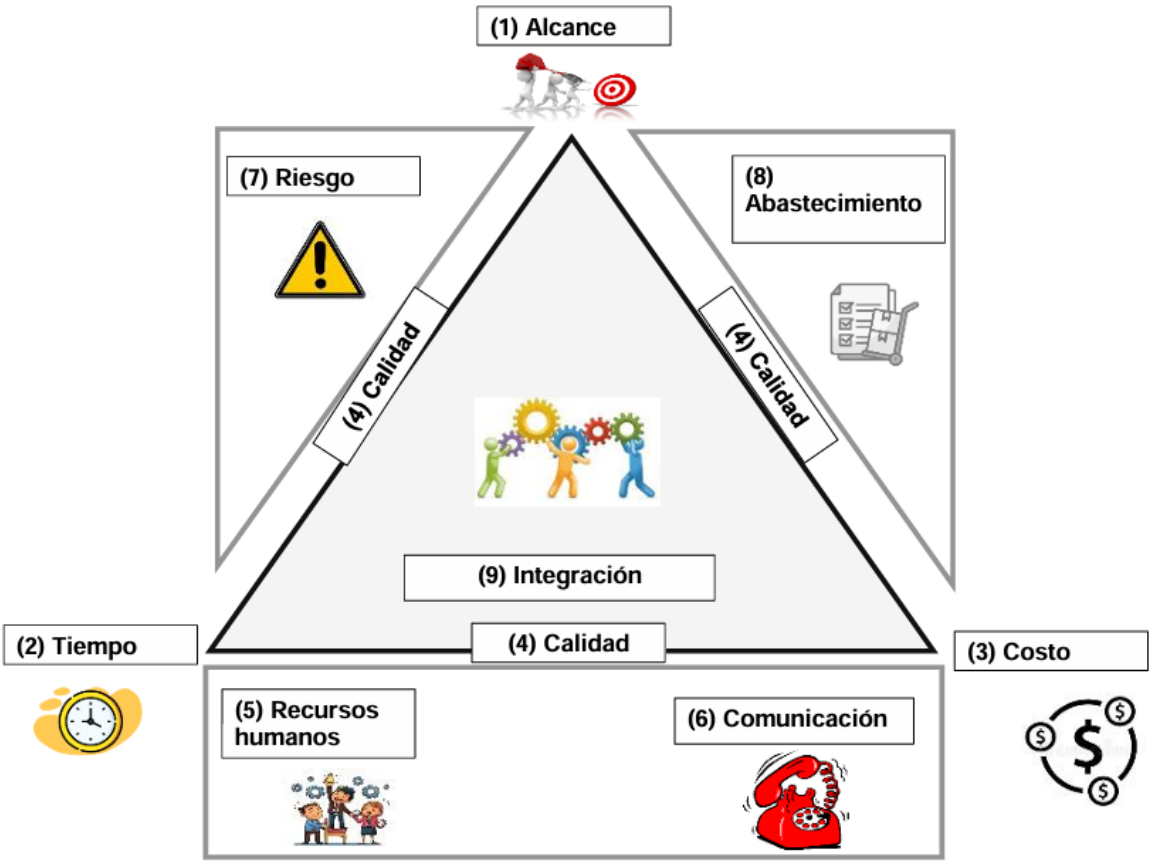


Figura 3.1 Áreas por considerar en la gestión de proyectos (adaptado de: Chamoun, 2002).

1. Alcance: aquí se fija todo lo que incluye el proyecto desde la parte técnica hasta la parte administrativa, o dicho de otra manera lo que incluye el producto y lo que incluye el proyecto.

2. Tiempo: es un periodo en el cual se desarrollarán las actividades del proyecto, aquí se hace uso del programa de obra donde se delimitan los periodos para concluir cada etapa o partida el proyecto, para poder dar fechas de entrega parciales o finales.
3. Costo: Es el cálculo de todas las erogaciones o gastos necesarios para poder ejecutar el proyecto, se parte de una base que es el presupuesto inicial, adicionalmente se realiza una proyección de gastos de acuerdo a cada partida del mismo para tener un estimado del gasto final.
4. Calidad: es el grado en que el producto cumple con los requerimientos y especificaciones del cliente, y las normas aplicables en cuestión.
5. Recursos humanos: conjunto de personas involucradas en la elaboración del proyecto, tanto internas como externas. Cada integrante cuenta con roles y responsabilidades definidas, lo cual permite el correcto funcionamiento y coordinación del equipo de trabajo.
6. Comunicación: consiste en la transmisión de información a través de distintos canales, con el objetivo de asegurar un entendimiento claro y oportuno entre todos los involucrados en el proyecto.
7. Riesgo: hace referencia a todas aquellas situaciones, tanto previstas como imprevistas, que pueden afectar el cumplimiento de los objetivos del proyecto. Su identificación y control son fundamentales para minimizar impactos negativos.
8. Abastecimiento: radica en todo material o servicio necesario para realizar el proyecto, desde comparativas para obtener el mejor precio de materiales, así como la realización de sub contratos para administrar la mano de obra, tener un buen abastecimiento de bienes y servicios, disminuyendo los posibles riesgos del proyecto.
9. Integración: proceso mediante el cual se coordinan y articulan todas las áreas del proyecto. Aunque cada una es importante por sí misma, su correcta integración permite que el proyecto funcione de manera eficiente como un solo sistema.

Durante la etapa de cimentación y la fabricación de la estructura metálica principal, se hizo uso, en distinta medida, de las áreas que conforman la gestión de proyectos. En algunos casos, como el abastecimiento, el control de costos, la calidad y la gestión del tiempo, el desempeño fue adecuado y permitió mantener cierto orden en la ejecución. No obstante, desde la perspectiva del autor, se presentaron deficiencias en otras áreas clave, particularmente en la integración, la gestión de riesgos y la administración de los recursos humanos, destacando como la de mayor impacto la falta de una adecuada integración.

De haberse aplicado de manera correcta y sistemática las nueve áreas de la gestión de proyectos, muchas de las problemáticas que surgieron durante la ejecución pudieron haberse previsto y, en consecuencia, atendido de forma más oportuna y eficiente.

En este sentido, a continuación, se presentan, a manera de lecciones aprendidas, las experiencias del autor en relación con los cinco procesos del desarrollo de proyectos. Este análisis se fundamenta en una comparativa entre las prácticas empleadas en campo y las herramientas teóricas propuestas por Chamoun (2002), incorporando además una serie de recomendaciones orientadas a la mejora en proyectos futuros.

3.3 Etapa de inicio y lecciones aprendidas

3.3.1 Aspectos teóricos

Durante esta etapa se "visualiza la misión por cumplir y sus objetivos" (Chamoun, 2002, p. 51), lo que permite establecer las bases conceptuales del proyecto. De acuerdo con Chamoun, todo proyecto surge a partir de alguna de las siguientes cinco causas: demanda del mercado, petición del cliente, necesidad del negocio, requerimientos legales o avances tecnológicos. Estos factores conducen a la formalización de la iniciativa del proyecto.

Con base en la teoría, en esta fase deben considerarse los siguientes elementos:

1. Documento de inicio: es un instrumento en el cual se formaliza el inicio de los trabajos donde se da a conocer los propósitos del proyecto y se especifican los entregables y productos que este generará.
2. Involucrados y expectativas: comprende a todas las personas u organizaciones que participan en el proyecto o cuyos intereses pueden verse afectados, tales como el cliente, la empresa constructora, autoridades municipales, administradores del parque industrial, propietarios de predios colindantes y colaboradores, entre otros. Asimismo, incluye la identificación de los requerimientos del cliente y sus expectativas respecto a los entregables o producto final.
3. Restricciones y supuestos: las restricciones son: "factores que limitan al equipo ejecutor" (Chamoun, 2002, p.53). Son circunstancias que detienen o pueden influir en el desarrollo de las actividades. Y los supuestos son aquellas situaciones o condiciones que se dan por hecho para poder realizar una planeación de los trabajos, pero que a medida que el proyecto avance deben de confirmarse.

3.3.2 Aspectos prácticos

En el caso de estudio, al inicio se contemplaron los tres elementos señalados por la teoría; sin embargo, se presentaron variaciones en lo referente a los supuestos. Inicialmente se contó con una versión del proyecto correspondiente a la estructura metálica principal, a partir de la cual se realizaron cuantificaciones y solicitudes de material. No obstante, durante la ejecución surgió una nueva versión del diseño que incorporaba elementos y conexiones adicionales, lo que representó una limitación importante, ya que el material previamente considerado resultó insuficiente para su fabricación. La incorporación de estos elementos incrementó de manera significativa el presupuesto base y generó afectaciones en el programa de obra. Para atender esta situación, fue necesario realizar nuevas cuantificaciones que contemplaran los elementos adicionales. Sin embargo, se produjeron retrasos debido a la suspensión temporal de la fabricación de ciertos componentes, en tanto se obtenían los materiales requeridos, cuyo suministro por parte del proveedor implicó tiempos adicionales.

A partir de esta experiencia, se destaca la importancia de definir con claridad las restricciones y formular los supuestos de manera objetiva, así como darles un seguimiento constante durante el desarrollo del proyecto.

3.3.3 Recomendaciones

Con base en la experiencia adquirida durante la etapa de inicio, se recomienda poner especial énfasis en la correcta identificación y documentación de las restricciones y los supuestos del proyecto. Una delimitación inadecuada de estos elementos puede derivar, en etapas posteriores, en problemáticas de mayor magnitud, tales como retrasos en la ejecución, incrementos en los costos o incluso la cancelación de la obra.

Asimismo, los supuestos empleados para la planeación deben estar debidamente fundamentados y ser objeto de seguimiento continuo, con el propósito de verificar su validez. En caso de que dejen de cumplirse, es indispensable contar con planes de contingencia que permitan mitigar los impactos negativos en el desarrollo del proyecto.

Finalmente, aunque las restricciones y los supuestos son elementos críticos, también resulta fundamental atender el documento de inicio y la correcta identificación de los involucrados, ya que estos permiten establecer una visión clara de los objetivos y de las expectativas del cliente. En este sentido, se coincide con Chamoun al señalar que "logramos la satisfacción del cliente cuando formulamos una promesa realista de lo que podemos cumplir y entregamos un poco más de lo acordado". Con lo anterior en mente seguimos con el siguiente proceso que es la planeación.

3.4 Etapa de planeación y lecciones aprendidas

3.4.1 Aspectos teóricos

La etapa de planeación se fundamenta en los objetivos y entregables definidos previamente durante la fase de inicio, los cuales establecen con claridad los resultados que se pretenden alcanzar. A partir de estos elementos, se desarrolla el plan del proyecto, el cual integra de manera sistemática las nueve áreas de la gestión de proyectos descritas en la sección 3.2. Dicho plan se consolida en un documento rector que sirve como guía para la ejecución, el seguimiento y el control del proyecto, permitiendo su conclusión exitosa.

Asimismo, el plan del proyecto constituye una línea base contra la cual se comparará el desempeño real a lo largo de su desarrollo, estableciendo los estándares a los que debe apegarse. En caso de presentarse desviaciones significativas, este documento facilita la implementación de acciones correctivas o de una planeación adicional que permita cumplir con los entregables finales y satisfacer las expectativas del cliente. Cabe señalar que cada una de las áreas de la gestión de proyectos cuenta con herramientas específicas que apoyan su adecuada ejecución, mismas que se describen de manera general a continuación.

Dentro el **alcance** se cuenta con dos herramientas de gran utilidad para la planeación que son:

> Declaración del alcance: "Partimos de entregables finales y expectativas, donde descompondremos dichos entregables en sub entregables o entregables parciales con sus descripciones y criterios de aceptación" (Chamoun, 2002, p. 75). Esta herramienta permite desglosar el objetivo final en componentes más específicos, definiendo con

claridad las condiciones bajo las cuales cada elemento será aceptado, lo que contribuye a alinear las expectativas del cliente con los resultados del proyecto.

WBS (Work Breakdown Structure o desglose estructurado del trabajo): Consiste en una estructura jerárquica que integra la totalidad de los entregables del proyecto, organizándolos de lo general a lo particular. A su vez, permite dividir los sub-entregables en actividades cada vez más específicas, facilitando su control, asignación de responsabilidades y seguimiento.

En el área del **tiempo** se emplea la siguiente herramienta:

Programa del proyecto: "Herramienta que desglosa los entregables del WBS en términos de actividades, incluyendo la interrelación entre ellas y su secuencia a lo largo de la duración del proyecto. Permite establecer las fechas de inicio y terminación del proyecto, de cada fase, de cada entregable y cada actividad" (Chamoun, 2002, p. 109).

En cuanto al área de **costos,** se consideran las siguientes herramientas:

Estimados de costos: sirve para calcular el costo del proyecto, para esto es necesario realizar las matrices de precios de cada concepto de trabajo, multiplicar el precio por la cantidad solicitada (importe), al final se suman los importes para obtener el costo total por fase y la suma de estos da el costo final de proyecto.

Presupuesto base: es el equivalente al estimado de costos ya autorizado, con el programa del proyecto, que sirve como una base para comparar los avances y desempeño del proyecto en tiempo y costo.

Programa de erogaciones: "Proyecta el importe de recursos financieros requeridos para el proyecto a través del tiempo" (Chamoun, 2002, p.126), permitiendo una adecuada planeación del flujo de efectivo.

En el área de la calidad se tiene:

Diagrama causa-efecto: herramienta utilizada para identificar las causas raíz de los problemas de calidad, lo que permite implementar acciones correctivas orientadas a la mejora continua.

En el área de recursos humanos destacan:

Diagrama organizacional: "es una representación gráfica que utilizamos para definir la línea de autoridad, la dependencia organizacional y la toma de decisiones" (Chamoun, 2002, p.94). Es el orden jerárquico de las asociaciones involucradas y personas a cargo y muestra las líneas de comunicación.

Matriz de roles y funciones: "integra a los involucrados en el proyecto y asegura la distribución adecuada de roles (quién hace qué) y funciones (quién decide qué)." (Chamoun, 2002, p. 95).

Dentro de la comunicación se contemplan:

Matriz de comunicación: facilita la transmisión efectiva de la información entre los involucrados del proyecto, asegurando la oportunidad y claridad en la toma de decisiones.

Calendario de eventos: “permite una visión gráfica completa de los eventos más importantes a lo largo del calendario del proyecto, facilitando la integración de sus objetivos” (Chamoun,2002, p.100).

Estatus semanal: instrumento que permite dar seguimiento periódico al proyecto, evaluando aspectos como tiempo, costo, riesgos, abastecimientos, cambios y avances generales.

Reporte mensual: se usa a manera de reporte para informar al cliente y a los involucrados claves sobre el desempeño del proyecto, haciendo las debidas observaciones sobre tendencias, áreas de oportunidad y prioridades.

En el área del riesgo se utilizan:

Mapa de riesgos: usado “para identificar y cuantificar riesgos, definiendo qué amenazas debemos controlar y qué oportunidades hay que aprovechar” (Chamoun, 2002, p.134). Aquí se identifican los posibles riesgos del proyecto, así como su probabilidad de ocurrencia y el impacto que tendrían en dicho proyecto.

Matriz de administración de riesgos: es utilizada para dar respuesta a los posibles riesgos del proyecto y asignar a los responsables para el manejo de dichos riesgos.

En el área de abastecimiento, se considera:

Matriz de abastecimientos: “permite definir como será contratado cada paquete de trabajo” (Chamoun, 2002, p.144), especificando los tipos de contrato y la participación de los involucrados.

Finalmente, en el área de integración, se incluyen:

Sistema de control de cambios: define el procedimiento mediante el cual se gestionan y autorizan los cambios en alcance, costo, tiempo y calidad, asegurando que estos aportan valor al proyecto.

Lecciones aprendidas: constituyen un mecanismo de retroalimentación que permite al equipo identificar aciertos y áreas de mejora, contribuyendo al incremento del desempeño en proyectos futuros.

La presente sección ofrece una descripción general de las principales herramientas asociadas a las nueve áreas de la gestión de proyectos, dado que el objetivo de esta memoria no es profundizar en cada una de ellas. Para un análisis más detallado, se recomienda consultar la obra de Chamoun (2002). No obstante, es importante destacar que la correcta aplicación de estas metodologías ha demostrado ser un factor determinante en el éxito de numerosos proyectos. En la Tabla 3.1 se muestran las herramientas de acuerdo a la planeación y las nueve áreas del proyecto previamente descritas, haciendo la comparativa de su uso según la teoría y como se hizo en la práctica.

ÁREA DE LA GESTIÓN DE PROYECTOS		HERRAMIENTAS	PLANEACIÓN		EJECUCIÓN		CONTROL		CIERRE	
			T	P	T	P	T	P	T	P
1	ALCANCE	Declaración del alcance	X	X						
		WBS	X	X						
2	TIEMPO	Progrma del proyecto	X	X	X	X	X	X	X	X
3	COSTO	Estimados de costos	X	X	X	X	X	X		
		Presupuesto base	X	X	X	X	X	X	X	X
		Programa de erogaciones	X	X	X	X	X	X	X	X
4	CALIDAD	Diagrama causa-efecto			X		X	X		
5	RECURSOS HUMANOS	Diagrama organizacional	X	X	X					
		Matriz de roles y funciones	X	X	X	X	X		X	
6	COMUNICACIÓN	Matriz de comunicación	X		X		X		X	
		Calendario de eventos	X		X		X			
		Estatus semanal	X		X		X		X	
		Reporte mensual	X		X	X	X	X	X	X
7	RIESGO	Mapa de riesgos	X		X					
		Matriz de administración de riesgos	X		X		X			
8	ABASTECIMIENTO	Matriz de abastecimientos	X	X	X	X	X	X	X	X
9	INTEGRACIÓN	Sistema de control de cambios			X		X		X	
		Lecciones aprendidas					X		X	X

Tabla 3.1 Tabla comparativa de las áreas y herramientas a gestionar en las etapas de un proyecto (adaptado de Chamoun, 2002).

NOMENCLATURA: X; selección de la herramienta utilizada, T; lo que señala la teoría y P; lo utilizado en la práctica.

A continuación, se procede a la descripción de los hechos ocurridos en la práctica.

3.4.2 Aspectos prácticos

Durante la etapa de planeación, se identifican —como se muestra en la Tabla 3.1— diversas discrepancias entre lo propuesto por la teoría y lo ejecutado en la práctica. El autor considera que todas las herramientas de gestión poseen un impacto significativo en el adecuado desarrollo de un proyecto; sin embargo, aquellas cuya omisión o aplicación deficiente generó mayores problemáticas en el proyecto en cuestión fueron la matriz de comunicación, el estatus semanal, el mapa de riesgos y la matriz de administración de riesgos.

En primera instancia, las herramientas de comunicación habrían representado un elemento clave para la adecuada gestión de cambios solicitados por el cliente. Su correcta

implementación habría permitido notificar de manera oportuna dichas modificaciones a las distintas áreas del equipo interno de la empresa responsable del proyecto, Empresa “X” S.A. de C.V., facilitando así la planeación de acciones correctivas para afrontar dichos cambios. Asimismo, una vez tomadas las decisiones pertinentes, estas habrían podido comunicarse eficazmente a las empresas y equipos externos encargados de la ejecución de los trabajos. La ausencia de una comunicación estructurada, aunada a la notificación tardía a los involucrados, derivó en retrasos, retrabajos y, en consecuencia, en sobrecostos que impactaron negativamente el desarrollo del proyecto.

En cuanto a la gestión de riesgos, el autor considera que la elaboración de un mapa de riesgos habría sido de gran utilidad, ya que permite identificar, desde las etapas iniciales, las posibles problemáticas asociadas al proyecto. De igual forma, el uso de la matriz de administración de riesgos habría facilitado la definición de estrategias de mitigación y solución, anticipando a la empresa ejecutora frente a los posibles escenarios adversos. Esto no sólo habría permitido una respuesta más eficiente ante las contingencias, sino también la asignación oportuna de recursos humanos especializados para la atención de dichas áreas críticas.

Un ejemplo representativo es el desfase en la cimentación ocasionado por errores en los equipos de topografía, situación que pudo haberse evitado mediante la verificación de medidas y niveles, así como la correcta calibración de los instrumentos. De manera similar, la insuficiencia del equipo de laboratorio para la entrega oportuna de los ensayes constituye otro caso relevante. De haberse considerado este aspecto dentro del mapa de riesgos, se habría podido prever la carga de trabajo del laboratorio, permitiendo ampliar su capacidad operativa o, en su defecto, contratar servicios adicionales de laboratorio para satisfacer las necesidades del proyecto.

3.4.3 Recomendaciones

Una de las herramientas cuya ausencia resultó más significativa durante el desarrollo del proyecto fue la matriz de comunicación. Lo anterior se debe a que el flujo de información no se limitaba únicamente al ámbito interno, sino que involucraba a diversos actores, tales como el cliente, el equipo de supervisión, la empresa responsable del proyecto Empresa “X” S.A. de C.V., proveedores y empresas subcontratadas para la ejecución de los trabajos, entre otros.

En múltiples ocasiones, la información no era transmitida con la oportunidad requerida hacia los distintos involucrados, lo que dificultaba la realización de observaciones, la implementación de cambios y la formulación de propuestas en tiempo y forma. Esta deficiencia en la comunicación limitó la posibilidad de analizar de manera conjunta las problemáticas emergentes y de establecer, de forma colaborativa, las soluciones más adecuadas.

En este sentido, la implementación de una matriz de comunicación habría permitido estructurar y sistematizar el flujo de información entre los participantes del proyecto, asegurando la entrega oportuna, clara y precisa de los datos relevantes. A continuación, se presenta en la Tabla 3.2 una propuesta de dicha matriz, la cual habría contribuido de manera significativa a optimizar la coordinación y a facilitar la adecuada ejecución del proyecto.

Matriz de comunicación.		Estatus semanal	Reporte mensual	Minutas de juntas internas	Minutas juntas proveedores	Minutas cambio de proyecto	Ordenes de cambio	Requisiciones de pago	Control presupuestal	Estatus de compras	Evaluación de proveedores	Plan del proyecto
Involucrado	Rol en el proyecto	Sem.	Men.	Quin.	Sem.	Otro.	Otro.	Sem.	Men.	Quin.	Otro.	Men.
Consejo directivo	Cliente		Imp.									
HAJAM	Supervisión					Imp.*	@	@				
Xicotencatl Valladares	Gerente de proyecto	@*	Imp.	@	Imp.	Imp.	@	@	Imp.	@	@	@*
Hilda de León	Responsable área de contaduría	@	Imp.	@			@	@*		@*	@	
Juan Vargas	Responsable de construcción	@	Imp.	@	Imp.	Imp.	@*			@		@
Marco Pacheco	Gerente Estructura metálica	@*	Imp.	@	Imp.	Imp.	@	@	Imp.	@	@	@
Pedro Paredes	Responsable estimaciones	@	Imp.	@				@				
Sayda Félix Morales	Responsable control presupuestal	@	Imp.*	@	Imp.*	Imp.	@	@	Imp.	@	@	@
Julieta Cesaereo	Diseño	@	Imp.	@*								
Contratistas y proveedores	Implementación y construcción.				Imp.	Imp.	@			@		

Simbología: @ medio a utilizar correo, Imp.; medio impreso, *; señalar quién genera la información, Sem.; semanalmente, Quin.; quincenalmente, Men.; mensualmente y Otro; otro periodo de tiempo.
Tabla 3.2 Matriz de comunicación (adaptado de Chamoun, 2002).

Además del área de comunicación, como se ha señalado previamente, resulta fundamental prestar especial atención a la gestión de riesgos. Contar con una adecuada identificación de los posibles escenarios adversos, así como con planes de contingencia bien estructurados, permite anticiparse a las eventualidades que pueden surgir durante el desarrollo del proyecto. Esta previsión contribuye significativamente a la optimización de recursos, la reducción de tiempos de entrega y el cumplimiento de los estándares de calidad establecidos por el cliente.

En este contexto, la calidad desempeña un papel determinante en el desarrollo de los proyectos, particularmente durante la etapa de ejecución, la cual se describe a continuación.

3.5 Ejecución y lecciones aprendidas

3.5.1 Aspectos teóricos

La etapa de ejecución consiste, en esencia, en dar seguimiento y materializar lo establecido en el plan del proyecto. En esta fase se emplean las herramientas previamente definidas durante la planeación, además de llevar a cabo la selección de proveedores (tanto de materiales como de servicios), la adecuada administración de contratos, la integración del equipo de trabajo interno, el aseguramiento de la calidad conforme a los estándares establecidos y la correcta distribución de la información, de acuerdo con los lineamientos del plan del proyecto.

La ejecución se encuentra estrechamente vinculada con la etapa de control, ya que conforme se avanza en la implementación del proyecto, resulta indispensable evaluar periódicamente el progreso en relación con lo planeado. En caso de identificarse desviaciones significativas, se deben realizar los ajustes necesarios al plan original, permitiendo así su actualización y continuidad bajo condiciones adaptadas. Dado que en todo proyecto es común la presencia de cambios o modificaciones, la revisión constante entre lo ejecutado y lo planificado resulta fundamental para garantizar, al término del proyecto, el cumplimiento de los estándares de calidad exigidos por el cliente y la entrega de un producto acorde con el alcance definido inicialmente.

Un aspecto clave durante la ejecución es la adecuada integración de los recursos humanos por parte del gerente del proyecto. Esto implica coordinar eficazmente al equipo interno, así como mantener una relación adecuada con proveedores, subcontratistas, el cliente y el equipo de supervisión, entre otros actores. Esta integración permite asegurar que todos los recursos necesarios estén disponibles en tiempo y forma, facilitando que tanto los involucrados internos como externos desarrollen sus actividades conforme a los estándares de calidad requeridos para los entregables parciales y finales. Para ello, se recurre a herramientas de gestión de recursos humanos, tales como el organigrama del proyecto y la matriz de roles y funciones, así como a instrumentos de abastecimiento como la matriz de suministros.

Por otra parte, el aseguramiento de la calidad debe mantenerse de manera continua durante el desarrollo del proyecto. Este proceso implica, como lo señala Chamoun (2002), la evaluación periódica del desempeño del proyecto con el fin de generar confianza en el cumplimiento de los estándares de calidad más relevantes. Para tal efecto, pueden emplearse herramientas como la matriz de evaluación de alternativas y el estado de cuenta del contrato. La primera permite seleccionar la opción más conveniente (ya sea de un bien o servicio) mediante la valoración de distintos criterios, buscando siempre el equilibrio entre calidad y costo. Por su parte, el estado de cuenta del contrato facilita el control financiero del proyecto, al proporcionar información actualizada sobre los pagos realizados en función del avance físico, permitiendo así un seguimiento preciso del desempeño económico de cada contrato.

3.5.2 Aspectos prácticos

En ambos casos analizados dentro del proyecto, específicamente en la cimentación y en la fabricación de la estructura metálica, se aplicaron algunas herramientas de control, como el estado de cuenta del contrato. Debido a que los contratistas contaban con periodos definidos para la presentación de estimaciones, se llevó un registro sistemático de las mismas, así como del proceso de amortización del anticipo, conforme a lo estipulado en cada contrato. Asimismo, los pagos se efectuaron exclusivamente por concepto de trabajos previamente aprobados y verificados de acuerdo con los estándares de calidad establecidos, lo que permitió mantener una adecuada correspondencia entre el avance físico de la obra y los recursos económicos erogados.

Por otra parte, en el proceso de selección del mejor proveedor, ya fuera de servicios o de materiales, si bien en la práctica se realizaron comparativas entre distintas alternativas, no se siguió de manera estricta la metodología propuesta por el autor mediante la matriz de evaluación de alternativas. En este sentido, la comparación se centró principalmente en el aspecto económico, dejando de lado otros criterios relevantes, como el grado de cumplimiento de los alcances definidos en el plan del proyecto.

El autor considera que la aplicación adecuada de dicha herramienta habría sido de gran utilidad para fomentar relaciones de tipo ganar-ganar, en las cuales el proveedor seleccionado, al haber definido y delimitado correctamente el alcance desde un inicio, contara con la capacidad de adaptarse a cambios en el proyecto sin que esto implicara incrementos en los costos ni afectaciones a su margen de utilidad.

3.5.3 Recomendaciones

Se recomienda a los profesionales involucrados en proyectos de construcción la implementación de la matriz de evaluación de alternativas, considerando de manera integral todos los criterios relevantes y no únicamente el aspecto económico. Esto permite seleccionar una opción que cumpla cabalmente con los alcances y estándares de calidad del proyecto, al costo más competitivo. La aplicación de esta herramienta se traduce en una mayor capacidad de respuesta ante cambios y problemáticas durante la ejecución, así como en una toma de decisiones más sólida y eficiente. Asimismo, favorece el establecimiento de relaciones de tipo ganar-ganar y la generación de vínculos de colaboración a largo plazo, contribuyendo al cumplimiento exitoso del proyecto conforme al método Escala© Chamoun, 2002.

Con el propósito de ilustrar su aplicación y facilitar su comprensión, en la Figura 3.2 se presenta un ejemplo práctico de esta herramienta. En dicha figura se incluyen los criterios de selección, definidos en apego al alcance y a los estándares establecidos en el plan del proyecto, así como su respectiva ponderación en función de su nivel de importancia. De igual forma, se muestra la evaluación del grado de cumplimiento de cada alternativa, el cual se multiplica por el valor asignado a cada criterio. Finalmente, se realiza la sumatoria de las

ponderaciones obtenidas por cada opción, permitiendo identificar de manera objetiva la alternativa más conveniente.

	Matriz de evaluación de alternativas				
	Evaluación de material	Ponderación	Opción 1	Opción 2	Opción 3
Criterios de selección.	Calidad	10	5 / 50	5 / 50	4 / 40
	Costo	9	4 / 36	3 / 27	3 / 27
	Tiempo de entrega	8	3 / 24	4 / 32	4 / 32
	Certificados	7	5 / 35	5 / 35	5 / 35
	Métodos de pago	6	4 / 24	5 / 30	4 / 24
	Garantía	5	5 / 25	3 / 15	5 / 25
	Beneficios adiciona	4	3 / 12	2 / 8	4 / 16
		Total	206	197	199
		Lugar	1	3	2

Figura 3.2 Ejemplo de la matriz de evaluación de alternativas (adaptado de Chamoun, 2002). Simbología: 1; malo, 2; regular, 3; bueno, 4; muy bueno y 5; excelente.

De esta manera, la toma de decisiones se vuelve más objetiva y fundamentada, al considerar una mayor cantidad de criterios que permiten garantizar que la alternativa seleccionada sea aquella que mejor se ajusta al alcance y a los requerimientos del proyecto. En el caso previamente expuesto, correspondiente a la selección del proveedor de acero, la opción 1 resultó ser la más adecuada al obtener la mayor ponderación.

Cabe destacar que la herramienta del estado de cuenta del contrato resulta de gran utilidad para dar seguimiento puntual a la relación entre el avance financiero y la ejecución física del proyecto, por lo que el autor recomienda ampliamente su implementación como un mecanismo de control efectivo.

Finalmente, es importante señalar que las etapas de ejecución y control se desarrollan de manera simultánea, ya que el control inicia junto con la ejecución y concluye al término de esta, compartiendo el mismo horizonte temporal dentro del proyecto. Con el propósito de profundizar en la etapa de control, a continuación, se presentan diversos aspectos y consideraciones relevantes para su adecuada aplicación.

3.6 Control y lecciones aprendidas

3.6.1 Aspectos teóricos

La etapa de control consiste en comparar sistemáticamente la ejecución real del proyecto con lo establecido en el plan. En este proceso, los avances registrados a la fecha de corte se contrastan con los programados, con el fin de identificar posibles desviaciones. En caso de detectarse diferencias, es necesario llevar a cabo una re planeación que permita implementar acciones correctivas y encauzar nuevamente el proyecto conforme a lo previsto. Por el contrario, si no se presentan desviaciones, se continúa con la ejecución de acuerdo con lo estipulado en el plan del proyecto.

Para que el proceso de control sea efectivo, es indispensable contar con un plan del proyecto debidamente estructurado, ya que este constituye el punto de referencia para evaluar el desempeño. Sin dicho parámetro, la información recabada carece de sustento comparativo, lo que limita la confiabilidad y utilidad del control.

El control del proyecto se apoya de manera significativa en las herramientas correspondientes a las nueve áreas de la gestión de proyectos, descritas en la sección 3.4. Estas facilitan el monitoreo del desempeño real en relación con lo planificado. Adicionalmente, en esta etapa se incorporan herramientas específicas para fortalecer el seguimiento, entre las que destacan el control presupuestal y el análisis del valor ganado, las cuales se describen a continuación.

Control presupuestal: es una herramienta fundamental para supervisar el comportamiento de los costos del proyecto, ya que permite determinar, en todo momento, si estos se mantienen dentro de los límites establecidos en el presupuesto o si presentan desviaciones.

Valor ganado: es una metodología que permite evaluar de manera integral el desempeño del proyecto en términos de tiempo y costo. Representa el valor del trabajo efectivamente ejecutado a una fecha determinada y, al compararse con el valor planeado, facilita la identificación de atrasos o adelantos en el programa. Asimismo, al contrastarlo con el costo real, permite determinar si el proyecto se encuentra dentro o fuera del presupuesto.

Finalmente, resulta imprescindible considerar la herramienta de lecciones aprendidas durante esta etapa, ya que es precisamente en el control donde suelen presentarse cambios y condiciones imprevistas. Estas situaciones representan oportunidades valiosas para generar conocimiento a partir de la experiencia, la cual debe documentarse y compartirse con los involucrados del proyecto. De no hacerlo oportunamente, se corre el riesgo de perder información relevante, ya que con el paso del tiempo los eventos tienden a minimizarse, incrementando la probabilidad de repetir errores similares en el futuro.

3.6.2 Aspectos prácticos

Durante esta etapa la empresa “X”, llevó de una correcta forma el control presupuestal, se hicieron proyecciones de gastos para obtener el costo actual del proyecto y cada fecha de corte se comparó con lo erogado, mediante un estado de resultados proforma (ver Anexo C). El autor encuentra similitud entre este estado de resultados y el valor ganado, ya que, con ayuda de él, se sabía si aún la empresa se encontraba dentro o fuera de presupuesto, además de que se realizaba la comparativa de acuerdo con el plan del proyecto para conocer si existía atraso o se tenía un mayor avance. Esto resulto de gran utilidad para la toma de decisiones ante los cambios y situaciones inesperadas que surgieron con el proyecto. Cabe señalar que la empresa conoció con exactitud y en todo momento, sus capacidades financieras. Con ello se podía decidir si era necesario solicitar un financiamiento exterior, o esperar el depósito habitual de los pagos por parte del cliente.

Adicionalmente durante la práctica, siempre se tuvo informado al gerente del proyecto con estatus semanales y mensuales de ambas partidas como lo son la cimentación y fabricación de la estructura metálica principal. Más aun para el avance físico se realizaron gráficos semanales para conocer en que parte del proceso constructivo se tenía cada zapata (ver Anexo E).

3.6.3 Recomendaciones

Se sugiere al lector prestar especial atención a la etapa de control, ya que esta se desarrolla de manera paralela a la ejecución del proyecto. Un control adecuado contribuye significativamente al cumplimiento de los entregables definidos desde el inicio, asegurando su consecución en tiempo y forma. En este sentido, tanto el control presupuestal como la metodología del valor ganado constituyen herramientas fundamentales, debido a que permiten conocer el estatus del proyecto en cada fecha de corte, facilitando la comparación entre lo planeado y lo ejecutado. Lo anterior posibilita, en caso necesario, la implementación de ajustes mediante una re planeación que garantice el cumplimiento de los objetivos en términos de alcance, tiempo y costo.

Asimismo, el autor propone a los lectores hacer uso sistemático de la herramienta de lecciones aprendidas en el momento en que surjan problemáticas o cambios durante el desarrollo del proyecto. Es indispensable que esta información se documente, y se comparta oportunamente con todos los involucrados, con el propósito de evitar la recurrencia de errores y mejorar la eficiencia en la resolución de situaciones similares en el futuro.

En el caso particular de la estructura metálica, se presentó una reincidencia en errores relacionados con la fabricación de trabes metálicas. Esta situación se originó a partir de un cambio solicitado por el cliente en los elementos estructurales, lo que ocasionó un retraso en la entrega de los planos de taller. Como consecuencia, algunas piezas fueron colocadas con base en minutas y acuerdos establecidos, pero sin apego a las especificaciones técnicas

detalladas en los planos. Debido a la falta de difusión de las lecciones aprendidas derivadas de esta incidencia, otros fabricantes replicaron el mismo error, lo que motivo el retiro soldaduras, la limpieza de piezas y la re colocación de conexiones en las trabes metálicas.

Dicha situación pudo haberse evitado mediante la documentación oportuna de las lecciones aprendidas y su adecuada comunicación a los demás involucrados, lo que habría permitido adoptar las precauciones necesarias. A continuación, se presenta un ejemplo de lecciones aprendidas (ver Figura 3.3).

<table>
<tr><th colspan="2">Lecciones aprendidas</th></tr>
<tr><td colspan="2">Criterio de búsqueda</td></tr>
<tr><td colspan="2">Diseño/estructura/almacén/trabes/modificación/costo/tiempo.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Situación</td></tr>
<tr><td colspan="2">Se realizó una modificación del proyecto, añadiendo placas de conexión a las trabes, estos cambios tardaron en llegar por parte del proyectista y debía continuarse con la fabricación.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Consecuencias</td></tr>
<tr><td colspan="2">Se retrasó la entrega de trabes debido a placas de conexión faltantes y se tuvo que ejecutar bajo lo dicho en minutas de campo.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Evaluación</td></tr>
<tr><td colspan="2">Hubo retraso de la ingeniería, no se estableció un criterio para que todos los fabricantes colocaran las placas de la misma manera y hubo re trabajos</td></tr>
<tr><td>Con el conocimiento actual, ¿Qué se haría diferente en esta situación?</td><td>¿Cómo se resolvió?</td></tr>
<tr><td>Establecer con el cliente periodos para entregas de cambios fijos y notificarle que, de no cumplir con las fechas, se realizarían cobros de tiempos muertos. Estandarizar sobre planos de versiones anteriores las modificaciones realizadas para que todos los constructores sigan el mismo criterio.</td><td>Se realizó un análisis con los especialistas en estructuras sobre la posición de las placas. El encargado, mediante reuniones con los fabricantes, indicó la forma en la que se colocarían las placas y se compartieron algunos planos para ejemplificar el proceso.</td></tr>
</table>

Figura 3.3 Ejemplo práctico de lecciones aprendidas (adaptado de Chamoun, 2002).

La etapa de control es de las más relevantes para poder desarrollar en alcance, tiempo y costo un proyecto, ya que permite identificar cuando existen variaciones conforme a lo que se planeó en un inicio. De igual manera es de gran importancia la etapa de cierre, descrita a continuación.

3.7 Cierre y lecciones aprendidas

3.7.1 Aspectos teóricos

Todo proyecto debe contemplar una etapa de cierre, ya sea porque se han cumplido los objetivos y entregables establecidos, o bien, porque el proyecto ha sido suspendido o cancelado por diversas causas. En cualquiera de estos escenarios, resulta indispensable llevar a cabo un cierre adecuado. Esta etapa considera la entrega ordenada y sistemática de todos los documentos e información generada durante el desarrollo del proyecto, así como la conclusión de contratos, acuerdos legales y evaluaciones de desempeño. En este sentido, el cierre se compone principalmente del cierre contractual y del cierre administrativo, los cuales se describen enseguida.

Cierre contractual: en esta fase se asegura la conclusión formal de los acuerdos legales establecidos entre las partes. Para ello, se integran documentos como fianzas, garantías, manuales, comunicados, entre otros. Es fundamental revisar detalladamente los términos y condiciones de cada contrato, ya que estos pueden establecer procedimientos y requisitos específicos para su correcta aceptación y cierre.

Cierre administrativo: “consiste en verificar y documentar los resultados del proyecto para formalizar la aceptación de los entregables del proyecto” (Chamoun, 2002, p. 216). En este apartado debe integrarse la información final y actualizada que garantice el cumplimiento de las especificaciones establecidas, así como un análisis que permita evaluar la efectividad y el grado de éxito del proyecto.

Cabe destacar que las actividades de cierre no deben realizarse únicamente al término del proyecto en su totalidad, sino también al finalizar cada fase o etapa del mismo. Esto permite contar con información organizada y completa, evitando pérdidas o inconsistencias en la documentación.

3.7.2 Aspectos prácticos

En el proyecto en cuestión no se presentaron complicaciones durante la etapa de cierre, debido a que a lo largo de su ejecución se mantuvo un adecuado control presupuestal. Conforme se aproximaba la conclusión de los trabajos, se realizó una revisión con cada contratista para verificar el cumplimiento de los estándares de calidad requeridos, y de los objetivos planteados en la fase de planeación. Asimismo, se corroboró que los contratistas se encontraran al corriente en sus obligaciones fiscales y de seguridad social; en caso contrario, se efectuaron los cálculos correspondientes para regularizar su situación, descontando dichos

montos de su estimación de finiquito. Esto permitió formalizar el cierre del proyecto ante las instituciones correspondientes, por parte de la empresa responsable, , hacia las empresas subcontratadas.

Es importante señalar que, al tratarse de un contrato a precio alzado, únicamente fueron reconocidos y pagados los trabajos extraordinarios, es decir, aquellos no contemplados en la versión inicial del proyecto y que fueron necesarios o solicitados por el cliente. En caso de existir diferencias en los volúmenes de obra respecto a lo contratado, la responsabilidad de los costos adicionales recayó en la empresa constructora. Por ejemplo, si en el catálogo de conceptos se establecía una cantidad de 178,000 kg de acero estructural, dicha cantidad sería la reconocida para pago, aun cuando la ejecución real ascendiera a 200,000 kg; en este caso, el excedente de 22,000 kg sería absorbido por la empresa constructora.

Para que los conceptos de trabajo fueran susceptibles de cobro, debían cumplir con los estándares de calidad establecidos y contar con su respectiva documentación de respaldo. Desde el inicio del proyecto, esta información fue organizada y resguardada por el área de estimaciones en un dossier, lo cual facilitó significativamente el cierre administrativo.

Es pertinente mencionar que actividades como la cimentación y la fabricación de la estructura metálica principal constituyen únicamente fases del proyecto, mas no su totalidad. Cada una de estas etapas contó con su respectivo cierre administrativo. Sin embargo, el cierre contractual se llevó a cabo una vez concluidas todas las fases del proyecto, tales como obra civil, cubiertas, instalaciones eléctricas, sanitarias e hidráulicas, sistema contra incendios, aire comprimido, ventilación y aire acondicionado, albañilerías y acabados, entre otras. No obstante, durante cada etapa se generó y documentó la información necesaria para facilitar el cierre contractual final.

3.7.3 Recomendaciones

Se invita a los lectores a mantener un adecuado control presupuestal durante toda la ejecución del proyecto, ya que esto permite conocer en todo momento la situación financiera de la empresa responsable, así como el margen disponible para concluir la obra conforme al avance reportado en cada periodo. De esta manera, se evitan decisiones apresuradas o cierres improvisados derivados de sobrecostos que excedan el presupuesto inicial.

Asimismo, es fundamental documentar y resguardar de manera organizada toda la información relevante del proyecto, con el objetivo de garantizar que, al momento de realizar el cierre, no existan inconvenientes en la validación y pago de las estimaciones, incluyendo la estimación de finiquito.

De igual forma, cuando se trabaja con empresas subcontratadas, es indispensable conocer su situación legal, fiscal y administrativa desde el inicio del proyecto, así como dar seguimiento continuo a sus obligaciones. Esto permite prevenir contingencias durante el cierre, evitando que la empresa responsable tenga que asumir responsabilidades o costos adicionales

derivados del incumplimiento de terceros. Detectar oportunamente cualquier irregularidad facilita su corrección; de lo contrario, si se identifica en etapas finales, puede resultar complicado regularizar la situación, especialmente cuando los montos pendientes por cobrar son menores a las obligaciones por cubrir.

Finalmente, resulta esencial que toda la información relativa a pruebas de calidad y ensayes de laboratorio sea debidamente archivada y resguardada, ya que muchas instituciones y clientes requieren estos documentos como evidencia del cumplimiento de los estándares de calidad y seguridad. Además, dichos documentos son fundamentales para la liberación de conceptos y la autorización del pago de las estimaciones de obra.

A continuación, se presenta en la Tabla 3.3 un listado de todas las complicaciones a lo largo del desarrollo de ambos proyectos, la cimentación y la fabricación de la estructura metálica principal, además de lo que originó dicho problema y la solución que se propuso por el autor y el equipo de trabajo, así como una forma de poder evitarlo. Esto a modo de registrar las experiencias y lecciones aprendidas para el desarrollo de futuros proyectos.

Descripción del evento	Razón	Forma de evitarlo	Solución empleada	Evidencia fotográfica
Detención de actividades de la cimentación debido a cambios del armado en algunos tipos de zapatas.	Orden de cambio	Realizar un adecuado análisis y asegurarse de cumplir con todos los estándares de acuerdo a las normativas	Asignar y adelantar otras tareas al personal para disminuir tiempos muertos en la espera de las modificaciones de proyecto.	
Atraso de la compactación por falta de resultados de los ensayes de laboratorio.	Errores u omisiones	Contar con un laboratorio con una mayor capacidad y eficiencia	Hacer una planeación adicional y adelantar otras tareas, para que el avance fuera en base a la entrega de resultados de laboratorio.	
Desfase en el trazo y nivelación de la cimentación, provcando que los marcos de la estructura no cerraran	Errores u omisiones	Calibrar los equipos de topografía y rectificar medidas y niveles varias veces	Colocar en las placas conexión de las trabes placas en forma de peines para lograr perder ese desfase.	

Descripción del evento	Razón	Forma de evitarlo	Solución empleada	Evidencia fotográfica
Demora en la entrega de elementos metálicos debido a cambios de proyecto	Orden de cambio	Exigir al cliente una fecha límite para la entrega de cambios del proyecto.	Trabajar la estructura en su totalidad, para al momento de la entrega de los cambios la modificación y liberación se fuera de forma más rápida.	
Re trabajos de pintura debido a la colocación en sitio de elementos soldables.	Solicitud del cliente	Aplicar pintura a la estructura una vez terminada la etapa de montaje	Solo sand blastear y aplicar el primario a la estructura para que una vez montada solo colocar 1 vez el recubrimiento.	

Tabla 3.3 Lecciones aprendidas en el proyecto bajo análisis.

3.8 RESUMEN

A lo largo del presente capítulo se han abordado y analizado los aspectos más relevantes para la adecuada administración profesional de proyectos, estableciendo una comparación entre lo planteado por la teoría y lo observado en la práctica. Asimismo, se incorporó una sección de recomendaciones que, desde la perspectiva del autor, resultan pertinentes para el desarrollo eficiente de proyectos de esta naturaleza.

Es importante señalar que los lineamientos teóricos no constituyen una guía absoluta; por el contrario, cada lector debe evaluar sus propias necesidades y prioridades, seleccionando aquellas herramientas que mejor se adapten a su contexto y que resulten más funcionales para lograr una gestión adecuada y, en consecuencia, el éxito del proyecto.

En este capítulo se describieron los cinco procesos del proyecto, así como las herramientas aplicables en cada fase, en concordancia con las nueve áreas de conocimiento de la gestión de proyectos. Si bien todos los procesos son fundamentales para alcanzar resultados satisfactorios, desde la perspectiva del autor, la planeación, la ejecución y, particularmente, el control, son los que tienen mayor incidencia en el logro de los objetivos. En primera instancia, resulta indispensable formular un plan integral que defina con claridad el alcance, el tiempo, el costo y la forma en que se ejecutarán los entregables. Posteriormente, es necesario dar seguimiento puntual a dicho plan, asegurando el cumplimiento de los estándares de calidad establecidos tanto por la normativa vigente como por el cliente.

No obstante, el proceso que concentra mayor impacto en el éxito del proyecto es el control. Un adecuado control permite una toma de decisiones fundamentada en información real y oportuna, facilita la implementación de acciones correctivas ante desviaciones o retrasos, y

brinda visibilidad continua sobre el estado del proyecto respecto al plan original. Lo anterior se alinea con el ciclo de mejora continua, planteado por la teoría: planear, hacer, verificar y actuar, el cual resulta esencial para cumplir con los objetivos de alcance, costo y tiempo.

Durante el desarrollo del capítulo también se identificaron diferencias y áreas de oportunidad en relación con lo propuesto por Chamoun para la administración profesional de proyectos, ya sea por la omisión en la aplicación de ciertas herramientas o por su uso inadecuado. En consecuencia, el autor considera que se presentaron diversas deficiencias durante la ejecución de la cimentación, así como en la fabricación y montaje de la estructura metálica principal, las cuales pudieron haberse prevenido mediante una aplicación más rigurosa de los principios teóricos. No obstante, las problemáticas surgidas fueron atendidas de manera satisfactoria, generando aprendizajes significativos que se presentan como lecciones útiles para futuros proyectos de construcción de tipo industrial.

Finalmente, se da paso a la presentación de las principales conclusiones del caso de estudio, con la expectativa de que las experiencias aquí expuestas contribuyan de manera significativa al conocimiento y práctica de quienes participan o se interesan en el desarrollo de proyectos industriales.

CONCLUSIONES
Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A partir de los objetivos establecidos al inicio del presente documento, se formulan las siguientes conclusiones:

- Se cumplió con el objetivo general de describir de manera detallada el proceso constructivo de la cimentación, así como la fabricación y el montaje de la estructura metálica principal. Se abordaron integralmente las actividades involucradas, desde el trazo inicial y la ejecución de zapatas, hasta la fabricación y el posterior montaje en sitio de la estructura. Asimismo, se documentaron las principales dificultades presentadas durante el desarrollo de dichas etapas, así como las estrategias implementadas para su atención y solución. Estas se analizaron mediante una comparativa entre lo establecido en la teoría, particularmente en el marco de la administración profesional de proyectos, y su aplicación práctica en obra, destacando la participación coordinada del autor y el equipo de trabajo.
- Durante ambos procesos se identificaron y analizaron tanto los aciertos como las áreas de oportunidad surgidas en la práctica, resaltando aquellos aspectos en los que los participantes de proyectos similares deben poner especial atención, dado su impacto directo en el desempeño del proyecto. De igual forma, se abordaron problemáticas recurrentes en construcciones industriales, así como alternativas para su adecuada gestión, con el propósito de evitar pérdidas económicas y retrasos en la ejecución.
- Se evidenció la relevancia de una adecuada planeación y de la correcta administración de proyectos en el ámbito de la ingeniería y la construcción. Se destacaron los factores clave que inciden en el éxito de un proyecto, tales como la definición clara de objetivos, la gestión eficiente de recursos y el seguimiento continuo, lo que permite cumplir con los entregables finales bajo los estándares de calidad requeridos por el cliente, dentro del alcance, tiempo y costo establecidos.
- Se enfatizó el papel fundamental de la topografía, particularmente en proyectos de carácter industrial, donde la precisión en el trazo y la nivelación resulta determinante. Se demostró que un trabajo topográfico ejecutado con exactitud puede traducirse en ahorros significativos de tiempo y costo; en contraste, se evidenció cómo errores en estas etapas pueden generar afectaciones que se manifiestan incluso durante el montaje de la estructura metálica, ocasionando retrasos. No obstante, también se expuso la manera en que dichas problemáticas fueron atendidas y resueltas.
- Finalmente, se destacó la importancia de las etapas de planeación, ejecución y, de manera particular, del control en el desarrollo de proyectos, no solo como herramientas de seguimiento, sino como elementos clave para la toma de decisiones. El control permite evaluar avances en fechas de corte, compararlos con lo programado y realizar los ajustes necesarios para garantizar el cumplimiento de los objetivos y estándares definidos desde la fase inicial del proyecto.

A partir de las conclusiones previamente expuestas, se formulan las siguientes recomendaciones:

- Contar, desde etapas tempranas, con un conocimiento integral de los procesos constructivos involucrados en este tipo de proyectos, así como de la normativa aplicable en cada especialidad. Esto permitirá, durante la ejecución, adoptar las medidas preventivas y los estándares necesarios para garantizar la calidad de los trabajos, optimizar los tiempos de entrega y, en consecuencia, lograr la conclusión exitosa de la obra.
- Llevar a cabo una revisión exhaustiva y detallada del proyecto ejecutivo, con el propósito de identificar posibles deficiencias de diseño o áreas de mejora. Una vez adjudicada la licitación, dichas observaciones deberán comunicarse oportunamente al proyectista, a fin de que se realicen las adecuaciones estructurales pertinentes antes del inicio de la construcción. De este modo, se minimiza la necesidad de modificaciones durante la ejecución por causas de diseño, evitando retrasos y tiempos muertos.
- Desarrollar una planeación adecuada de los trabajos, en coordinación con especialistas de las distintas disciplinas involucradas, con el objetivo de asignar de manera precisa tiempos y costos a cada actividad. Asimismo, se debe procurar la programación de actividades simultáneas que permitan optimizar el uso del tiempo disponible, incrementar el avance físico de la obra y, de ser posible, concluir el proyecto en un plazo menor al establecido contractualmente, generando ahorros y una mayor rentabilidad para la empresa constructora.
- Efectuar una correcta y adecuada comunicación efectiva entre todos los actores del proyecto, estableciendo canales formales y eficientes de intercambio de información. Esto permitirá que, ante cualquier cambio o eventualidad, los involucrados se mantengan informados y puedan proponer soluciones oportunas, evitando impactos negativos en el desarrollo de la obra.
- Dar el correcto seguimiento y control del plan del proyecto, registrando, archivando y actualizando toda la información de las erogaciones para la ejecución de la obra, además de realizar cortes para conocer el estatus del proyecto de acuerdo al plan y al presupuesto base. Así, en el caso de existir desviaciones, se puede desarrollar una planeación adicional para volver a encaminar el proyecto a los objetivos iniciales, continuar con la ejecución y, realizar nuevamente el seguimiento. En caso de no existir desviaciones, se puede continuar conforme a lo planeado, para poder cumplir en alcance tiempo y costo con los entregables finales del proyecto.
- Se sugiere que todos los entregables, tanto parciales como finales, cuenten con la documentación necesaria para su validación ante el cliente, tales como certificados de calidad, resultados de pruebas de laboratorio y registros de ejecución. Cada entregable deberá estar debidamente respaldado por un expediente que acredite el cumplimiento de los estándares establecidos, con la finalidad de evitar contratiempos en los procesos de estimación y pago.

En este sentido, se espera que el presente documento constituya una herramienta de apoyo y consulta para los profesionales interesados, al tiempo que fomente la conciencia sobre el papel fundamental de la administración profesional de proyectos en la consecución exitosa de obras de construcción. De igual forma, se destaca que una adecuada planeación y gestión

contribuyen significativamente a la prevención y mitigación de riesgos inherentes a la industria.

Finalmente, se considera que las lecciones aprendidas aquí expuestas pueden servir como punto de partida para que los involucrados en proyectos de carácter industrial perfeccionen sus prácticas, eviten la recurrencia de errores previamente identificados y fortalezcan sus procesos de toma de decisiones, incrementando así la probabilidad de éxito en la ejecución y conclusión de sus proyectos.

IMPACTO DE LA EXPERIENCIA LABORAL.

De manera consciente, el autor considera que la participación en el desarrollo de ambas edificaciones representó una experiencia de gran relevancia para su formación profesional, ya que le permitió adquirir un conocimiento amplio y práctico del ámbito de la construcción. Esta experiencia posibilitó conocer de manera directa la ejecución real de los trabajos, así como desarrollar habilidades de comunicación, liderazgo y coordinación necesarias para dirigir y colaborar con equipos de trabajo y personal operativo en obra.

Asimismo, estar al frente de diversos equipos de trabajo contribuyó significativamente al fortalecimiento de sus capacidades para planear, organizar y supervisar las actividades de manera eficiente. De igual forma, permitió desarrollar la capacidad de identificar problemáticas durante la ejecución de los trabajos y establecer soluciones oportunas ante situaciones emergentes, considerando las condiciones reales de la obra y los recursos disponibles.

Esta experiencia también permitió comprender de manera integral el seguimiento y desarrollo de un proyecto desde una perspectiva técnica, administrativa y financiera. En particular, se adquirió mayor conocimiento sobre la importancia de considerar los efectos que cada decisión puede generar en términos de tiempo y costos. Por esta razón, el conocimiento permanente de la situación financiera de la empresa, así como la elaboración de proyecciones y escenarios para evaluar diferentes alternativas, resultaron fundamentales para sustentar la toma de decisiones con criterios tanto técnicos como económicos.

De manera particular, una de las experiencias de mayor relevancia para el autor correspondió al desarrollo de la estructura metálica principal, debido a que permitió conocer el procedimiento requerido para su fabricación, aplicación de recubrimientos y montaje, así como los criterios relacionados con la selección y revisión de los materiales empleados. Asimismo, permitió conocer los estándares, especificaciones y pruebas de calidad que deben cumplir los elementos estructurales para garantizar su aceptación por parte del cliente. Estos conocimientos contribuyeron de manera importante a la formación del autor en el ámbito de las estructuras de acero y en la supervisión de los procesos asociados con su fabricación y montaje.

Durante el desarrollo del proyecto se presentaron diversas complicaciones que requirieron del autor un proceso constante de aprendizaje y actualización. Para atenderlas de manera adecuada, fue necesario consultar y analizar las diferentes normativas aplicables, recurrir a

personal técnico con mayor experiencia y realizar consultas con profesores de la Universidad Autónoma del Estado de México especializados en áreas relacionadas con este tipo de construcciones. De igual manera, el acercamiento con el personal operativo permitió comprender con mayor precisión la forma en que se ejecutan las diferentes actividades en campo y reconocer la importancia de considerar la experiencia práctica de los trabajadores en la solución de problemas constructivos.

Además, la interacción con el personal encargado de los aspectos administrativos y contables permitió ampliar el conocimiento sobre la gestión financiera de la obra y comprender la relación existente entre la ejecución de los trabajos, los recursos económicos y el control administrativo del proyecto. En conjunto, estas experiencias representaron una ruta de aprendizaje significativa y contribuyeron a la formación del autor como un ingeniero civil con una visión más integral, capaz de comprender no solo los procesos constructivos y el control de obra, sino también los aspectos administrativos, financieros y de gestión necesarios para alcanzar los objetivos establecidos y lograr un adecuado cierre del proyecto.

De manera particular, la participación del autor contribuyó a los siguientes aspectos:

- Seguimiento y control financiero: permitió conocer y dar seguimiento permanente a la situación financiera de las partidas correspondientes a cimentación y estructura metálica, generando información útil para sustentar la toma de decisiones ante modificaciones al proyecto y problemáticas surgidas durante la ejecución de los trabajos.
- Selección de proveedores y prestadores de servicios: permitió establecer comparativas que no se limitaron exclusivamente al aspecto económico, sino que consideraron la propuesta integral de cada alternativa, incluyendo alcances, capacidad de respuesta ante cambios o adecuaciones al proyecto, eficiencia, solvencia, calidad y costo. Este criterio fue aplicado tanto para la selección de proveedores de materiales como para la contratación de prestadores de servicios, contratistas y personal destajista.
- Planeación y cumplimiento de los trabajos de estructura metálica: contribuyó a concluir en tiempo y forma las actividades relacionadas con la fabricación, aplicación de recubrimientos y montaje de la estructura metálica principal. Esto fue posible mediante una adecuada planeación y seguimiento de los trabajos, apoyados en la elaboración de programas semanales, revisiones periódicas, establecimiento de metas y definición de fechas compromiso para la entrega de los elementos. Asimismo, se gestionó la logística necesaria para el transporte y montaje de la estructura en sitio.
- Análisis de alternativas ante problemáticas de obra: el conocimiento de la situación financiera del proyecto y la identificación de los desperdicios generados durante la ejecución permitieron, en conjunto con el equipo de trabajo, analizar y proponer una alternativa de solución ante la problemática presentada por el desfase de la cimentación. Al evaluar las diferentes opciones desde el punto de vista de tiempo y costo, fue posible seleccionar la alternativa que presentó mejores condiciones para cumplir con los objetivos y metas establecidos inicialmente para el proyecto.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía.

1. Chamoun, Y., (2002), Administración profesional de proyectos: la guía, IAN Ediciones, México.
2. PMI, (2000), A guide to the Project management body knowledge, Project Management Institute, USA.
3. Grupo SACMAG, 2023. Memoria descriptiva CEDIS Tepeji arquitectura, https://grupo-sacmag.com.mx/.
4. Grupo SACMAG, 2023. Estructuras CEDIS Tepeji, https://grupo-sacmag.com.mx/.
5. Grupo SACMAG, 2023. Especificaciones generales cimentaciones superficiales, https://grupo-sacmag.com.mx/.
6. Grupo SACMAG, 2023. Especificaciones generales, fabricación de conexiones de acero ESTRUCTURAS, https://grupo-sacmag.com.mx/.
7. Grupo SACMAG, 2023. Especificaciones generales fabricación y montaje de estructura metálica Estructuras, https://grupo-sacmag.com.mx/.

ANEXOS

ANEXOS

ANEXO

Catálogo de conceptos cimentación CEDIS.

EMPRESA "X" S.A. DE C.V.

Cliente: **GRISI HNOS., S.A. DE C.V.**

Concurso No.

Duración: **547 días naturales**

Obra: **CONSTRUCCION DE CEDIS GRISI, UBICADO EN EL PARQUE INDUSTRIAL TEPEJI PARK, EN EL MUNICIPIO DE TEPEJI DEL RIO EN EL ESTADO DE HIDALGO**

Fecha: 01/07/2024

Inicio Obra: 01/10/2024

Fin Obra: 31/03/2026

Lugar: **Naucalpan Estado de México**

PRESUPUESTO DE OBRA

Código	Concepto	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Importe	%
03	ESTRUCTURAS					
01	EST-CC - 01 ESTRUCTURA PARA ALMACEN GENERAL					
01	1 CIMENTACIÓN ALMACEN GENERAL Y ANDENES					

Código	Concepto	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Importe	%
199.0316	Trazo y nivelación topográfica del terreno con tránsito y nivel, estableciendo ejes y niveles de referencia, para el desplante de la cimentación del almacén general andenes y oficinas. El precio incluye: confirmación constante del trazo y nivelación, material, herramienta, mano de obra brigada de topografía, traslados dentro del predio y equipo necesario para su correcta ejecución.	M2	36,273.1888	$15.79	$572,753.65	0.09%
199.0317	Excavación con maquinaria en cepa para alojar cimentación, en suelo tipo B, a una profundidad de 0.00 a 2.0 del nivel del terreno Los volúmenes de las excavaciones serán medidos en banco. El precio incluye: traspaleos, trabajos necesarios (bombeo, etc.) para trabajar en seco en el lugar de la obra, afine de taludes y fondo, acarreos dentro del sitio a banco de almacenamiento, mano de obra, herramienta, maquinaria, equipos neumáticos y todo lo necesario para su correcta ejecución.	M3	5,623.1733	$123.91	$696,767.40	0.11%
199.0318	Relleno de cepas con material producto de banco, en capas de 15 cm, con adición de agua. El precio incluye: suministro, compactación al 95 % de su p.v.s.m. materiales diversos, equipo, herramienta, mano de obra y todo lo necesario para su correcta ejecución.	M3	4,558.5673	$443.68	$2,022,545.14	0.31%

Código	Concepto	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Importe	%
199.0319	Acarreo en camión de material producto de la excavación a 20 m. Dentro de los límites del terreno al lugar indicado por el propietario para acumulación de materiales, además de los acarreos y retiro de sobrantes fuera de la obra al sitio seleccionado por cuenta y costo del contratista, y con la aprobación de las autoridades locales. El precio incluye: carga, transporte, descarga, mano de obra, herramientas, equipo y todo lo necesario para su correcta ejecución.	M3	5,623.1733	$135.41	$761,433.90	0.12%
199.0320	Plantilla de concreto f'c = 100 Kg/cm² de 5 cm de espesor, para el desplante de la cimentación. El precio incluye: Cimbra, suministro, colocación, materiales diversos, equipo, herramienta, mano de obra y todo lo necesario para su correcta ejecución.	M3	82.8233	$3,324.44	$275,341.09	0.04%
199.0321	Concreto premezclado en cimentación (zapatas dados, trabes de liga y muro de contención), f'c = 250 Kg/cm², agr. max. 19 mm. El precio incluye: Suministro, bombeo, colocación a cualquier profundidad, nivelación, vibrado, curado, pruebas de laboratorio, equipo, herramienta mano de obra y todo lo necesario para su correcta ejecución.	M3	1,072.5470	$3,733.57	$4,004,429.30	0.62%

Código	Concepto	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Importe	%
199.0322	Cimbra acabado común, a cualquier profundidad, medida por superficie de contacto en las caras de la cimentación (zapatas, dados, trabes de liga y muro de contención). El precio incluye: Suministro, cimbrado, descimbrado, trazo, nivelación, cortes, chaflanes, alambre, desmoldante, separadores, obra falsa, materiales, herramienta, equipo, mano de obra, limpieza del área de trabajo y todo lo necesario para su correcta ejecución.	M2	4,075.6800	$360.80	$1,470,505.34	0.23%
199.0323	Acero de refuerzo en cimentación (zapatas, dados, trabes de liga y muro de contención), fy = 4200 Kg/cm², El precio incluye: Suministro, colocación, cortes, ganchos, habilitado, enderezado, amarres, traslapes, desperdicios, alambres, separadores, silletas, limpieza de óxido, grasa, polvo, equipos de corte, herramientas, mano de obra y todo lo necesario para su correcta ejecución. El peso del acero es neto de acuerdo a los planos estructurales, en los diámetros siguientes: #3 (3/8")	KG	24,150.5712	$44.70	$1,079,530.53	0.17%

Código	Concepto	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Importe	%
199.0324	Acero de refuerzo en cimentación (zapatas, dados, trabes de liga y muro de contención), fy = 4200 Kg/cm², El precio incluye: Suministro, colocación, cortes, ganchos, habilitado, enderezado, amarres, traslapes, desperdicios, alambres, separadores, silletas, limpieza de óxido, grasa, polvo, equipos de corte, herramientas, mano de obra y todo lo necesario para su correcta ejecución. El peso del acero es neto de acuerdo a los planos estructurales, en los diámetros siguientes: #4 (1/2")	KG	17,289.2384	$44.70	$772,828.96	0.12%
199.0325	Acero de refuerzo en cimentación (zapatas, dados, trabes de liga y muro de contención), fy = 4200 Kg/cm², El precio incluye: Suministro, colocación, cortes, ganchos, habilitado, enderezado, amarres, traslapes, desperdicios, alambres, separadores, silletas, limpieza de óxido, grasa, polvo, equipos de corte, herramientas, mano de obra y todo lo necesario para su correcta ejecución. El peso del acero es neto de acuerdo a los planos estructurales, en los diámetros siguientes: #5 (5/8")	KG	49,871.8438	$44.70	$2,229,271.42	0.35%
01	**TOTAL 1 CIMENTACIÓN ALMACEN GENERAL Y ANDENES**				**$16,105,608.77**	**2.50%**

Catálogo de conceptos estructura metálica principal.

EMPRESA "X" S.A. DE C.V.						
Cliente:	**GRISI HNOS., S.A. DE C.V.**					
Concurso No.				**Duración:**	**547 días naturales**	
Obra:	**CONSTRUCCION DE CEDIS GRISI, UBICADO EN EL PARQUE INDUSTRIAL TEPEJI PARK, EN EL MUNICIPIO DE TEPEJI DEL RIO EN EL ESTADO DE HIDALGO**				**Fecha:**	01/07/2024
					Inicio Obra:	01/10/2024
					Fin Obra:	31/03/2026
Lugar:	**Naucalpan Estado de México**					

PRESUPUESTO DE OBRA						
Código	**Concepto**	**Unidad**	**Cantidad**	**P. Unitario**	**Importe**	**%**
03	ESTRUCTURAS					
03	4 ESTRUCTURA METÁLICA PRINCIPAL ALMACEN GENERAL Y ANDENES					

Código	Concepto	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Importe	%
199.0346	Acero ASTM A572, Gr. 50 con fy= 3515 Kg/cm², en placas base PB1, PB2, PB3 y PB4. El precio incluye: Suministro, trazo, colocación, transporte al lugar indicado, fabricación, nivelación, conexiones, cortes, enderezado, desperdicios, soldadura, montaje, apuntalamiento temporal, equipo, herramienta, mano de obra, planos de taller, limpieza con chorro de arena a metal grado comercial, primario a base de cromato de zinc en dos capas con espesor de 3 mils de pulgada y todo lo necesario para su correcta ejecución.	KG	6,265.12	$83.50	$523,138.09	0.08%
199.0347	Acero ASTM A572, Gr. 50 con fy= 3515 Kg/cm², en placas para columnas CM1, CM2 y CM3. El precio incluye: Suministro, trazo, colocación, transporte al lugar indicado, fabricación, nivelación, conexiones, cortes, enderezado, desperdicios, soldadura, montaje, apuntalamiento temporal, equipo, herramienta, mano de obra, planos de taller, limpieza con chorro de arena a metal grado comercial, primario a base de cromato de zinc en dos capas con espesor de 3 mils de pulgada y todo lo necesario para su correcta ejecución.	KG	296,662.3	$84.20	$24,978,970.56	3.87%

Código	Concepto	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Importe	%
199.0348	Acero ASTM A500, Gr. B con fy= 3235 Kg/cm², en columnas CM4. El precio incluye: Suministro, trazo, colocación, transporte al lugar indicado, fabricación, nivelación, conexiones, cortes, enderezado, desperdicios, soldadura, montaje, apuntalamiento temporal, equipo, herramienta, mano de obra, planos de taller, limpieza con chorro de arena a metal metal grado comercial, primario a base de cromato de zinc en dos capas con espesor de 3 mils de pulgada y todo lo necesario para su correcta ejecución.	KG	30,119.82	$84.20	$2,536,089.25	0.39%
199.0349	Acero ASTM A572, Gr. 50 con fy= 3515 Kg/cm², en placas para vigas TM1, TM2, TM3 y TM4. El precio incluye: Suministro, trazo, colocación, transporte al lugar indicado, fabricación, nivelación, conexiones, cortes, enderezado, desperdicios, soldadura, montaje, apuntalamiento temporal, equipo, herramienta, mano de obra, planos de taller, limpieza con chorro de arena a metal grado comercial, primario a base de cromato de zinc en dos capas con espesor de 3 mils de pulgada y todo lo necesario para su correcta ejecución.	KG	414,905.8	$83.50	$34,644,636.60	5.37%

Código	Concepto	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Importe	%
199.0350	Acero ASTM A500, Gr. B con fy= 3235 Kg/cm², en vigas TM5 y TM6 a base de perfiles HSS. El precio incluye: Suministro, trazo, colocación, transporte al lugar indicado, fabricación, nivelación, conexiones, cortes, enderezado, desperdicios, soldadura, montaje, apuntalamiento temporal, equipo, herramienta, mano de obra, planos de taller, limpieza con chorro de arena a metal grado comercial, primario a base de cromato de zinc en dos capas con espesor de 3 mils de pulgada y todo lo necesario para su correcta ejecución.	KG	40,716.72	$84.20	$3,428,347.82	0.53%
199.0351	Acero ASTM A1008, Gr. B con fy= 3515 Kg/cm², en largueros L1 y L2 base de perfiles CF. El precio incluye: Suministro, trazo, colocación, transporte al lugar indicado, fabricación, nivelación, conexiones, cortes, enderezado, desperdicios, soldadura, montaje, apuntalamiento temporal, equipo, herramienta, mano de obra, planos de taller, limpieza con chorro de arena a metal grado comercial, primario a base de cromato de zinc en dos capas con espesor de 3 mils de pulgada y todo lo necesario para su correcta ejecución.	KG	373,618.0	$83.50	$31,197,109.68	4.84%

Código	Concepto	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Importe	%
199.0352	Acero ASTM A36, con fy= 2530 Kg/cm², en ángulos de conexión de largueros "LI", redondo liso "OS" para contraflambeos y contraventeos horizontales "CH1" a base de redondo. liso de 32mm. El precio incluye: Suministro, trazo, colocación, transporte al lugar indicado, fabricación, nivelación, conexiones, cortes, enderezado, desperdicios, soldadura, montaje, apuntalamiento temporal, equipo, herramienta, mano de obra, planos de taller, limpieza con chorro de arena a metal grado comercial, primario a base de cromato de zinc en dos capas con espesor de 3 mils de pulgada y todo lo necesario para su correcta ejecución.	KG	216,408.7	$83.50	$18,070,127.59	2.80%
199.0353	Acero ASTM A500, Gr. B con fy= 3235 Kg/cm², en contraventeos CV1, CV2 Y CV3 a base de perfiles HSS. El precio incluye: Suministro, trazo, colocación, transporte al lugar indicado, fabricación, nivelación, conexiones, cortes, enderezado, desperdicios, soldadura, montaje, apuntalamiento temporal, equipo, herramienta, mano de obra, planos de taller, limpieza con chorro de arena a metal grado comercial, primario a base de cromato de zinc en dos capas con espesor de 3 mils de pulgada y todo lo necesario para su correcta ejecución.	KG	74,210.66	$84.20	$6,248,538.01	0.97%

Código	Concepto	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Importe	%
199.0354	Acero ASTM A36, con fy= 2530 Kg/cm², para puntales de arriostramiento de vigas principales". El precio incluye: Suministro, trazo, colocación, transporte al lugar indicado, fabricación, nivelación, cortes, enderezado, desperdicios, soldadura, montaje, equipo, herramienta, mano de obra, limpieza con chorro de arena a metal grado comercial, primario a base de cromato de zinc en dos capas con espesor de 3 mils de pulgada y todo lo necesario para su correcta ejecución.	KG	19,764.00	$82.11	$1,622,822.04	0.25%
199.0355	Acero ASTM A572, Gr. 50 con fy= 3515 Kg/cm², en placas de conexiones varios espesores. El precio incluye: Suministro, trazo, colocación, transporte al lugar indicado, fabricación, nivelación, conexiones, cortes, enderezado, desperdicios, soldadura, montaje, apuntalamiento temporal, equipo, herramienta, mano de obra, planos de taller, limpieza con chorro de arena a metal metal grado comercial, primario a base de cromato de zinc en dos capas con espesor de 3 mils de pulgada y todo lo necesario para su correcta ejecución.	KG	62,392.00	$83.50	$5,209,732.00	0.81%
03	**TOTAL 4 ESTRUCTURA METÁLICA PRINCIPAL ALMACEN GENERAL Y ANDENES**				**$128,459,511.63**	**20.01%**

ANEXO B

TOTAL, NAVE 1						
	ACERO	PLANTILLA	CONCRETO	CIMBRA	EXCAVACIÓN	RELENO
ZAPATAS	33,957.119 kg	935.39 M2	339.57 M3	749.80 M2	1,753.79 M3	1,403.05 M3
TRABES	14,406.574 kg	518.40 M2	165.89 M3	829.44 M2	319.22 M3	153.33 M3
TOTAL	48,363.693 kg	1,453.79 M2	505.46 M3	1,579.24 M2	2,073.00 M3	1,556.38 M3

Cuantificación para la cimentación nave 1.

TOTAL, NAVE 2						
	ACERO	PLANTILLA	CONCRETO	CIMBRA	EXCAVACIÓN	RELENO
ZAPATAS	29,176.802 kg	844.82 M2	288.20 M3	638.86 M2	1,577.51 M3	1,289.30 M3
TRABES	13,255.339 kg	473.20 M2	151.42 M3	757.12 M2	278.18 M3	126.75 M3
TOTAL	42,432.141 kg	1,318.02 M2	439.63 M3	1,395.98 M2	1,855.68 M3	1,416.05 M3

Cuantificación para la cimentación nave 2.

ANEXO C

Estado de resultados proforma estructura metálica.

EMPRESA "X" S.A. DE C.V.		
Cliente:	GRISI HNOS., S.A. DE C.V.	
Concurso No. **Obra:**	CONSTRUCCION DE CEDIS GRISI, UBICADO EN EL PARQUE INDUSTRIAL TEPEJI PARK, EN EL MUNICIPIO DE TEPEJI DEL RIO EN EL ESTADO DE HIDALGO	**FECHA:** 13/09/2025

MONTO DEL CONTRATO TOTAL:	**$**	**644,671,774.14**
PRESUPUESTO DE VENTA:	**$**	**144,225,871.40**
PRESUPUESTO DE COSTO DIRECTO:	**$**	**116,311,186.61**
TOTAL, DE GASTO PROYECTADO:	**$**	**110,569,331.96**
UTILIDAD A COSTO DIRECTO:	**$**	**5,741,854.65**
PROYECCIÓN DE GASTO A COSTO DIRECTO:	$	102,379,011.08
PROYECCIÓN DE GASTO A COSTO INDIRECTO:	$	8,190,320.89
AVANCE REAL:	**$**	**129,945,407.55**
EROGADO:	**$**	**100,051,220.32**
RENTABILIDAD NETA:	**$**	**33,656,539.44**

COSTOS DIRECTOS:				
		GASTO PROYECTADO		GASTO AGOSTO.
SUMINISTRO DE ACERO:	**$**	**38,815,952.62**	$	44,684,144.52
ALMACEN GENERAL:	$	35,082,662.68		**$40,436,835.69**
COBERTIZO CUARTO DE BATERIAS:	$	172,584.83	$	151,157.02
OFICINAS:	$	2,552,833.41		**$2,942,436.44**
SUBESTACIÓN ELECTRICA:	$	914,452.49		**$1,054,012.50**
CUARTO DE RESIDUOS:	$	93,419.23		**$99,702.88**
MO FABRICACIÒN Y MONTAJE:	**$**	**31,823,159.26**		
ALMACEN GENERAL:	$	29,232,437.90	$	27,417,881.00
COBERTIZO CUARTO DE BATERIAS:	$	144,103.39	$	49,032.32
OFICINAS:	$	1,667,049.14	$	1,093,642.11
SUBESTACIÓN ELECTRICA:	$	715,146.53	$	628,750.71
CUARTO DE RESIDUOS:	$	64,422.29	$	-
			$	**29,189,306.14**
MO SAND BLAST, PRIMARIO Y PINTURA:	**$**	**12,595,699.87**		
ALMACEN GENERAL:	$	11,339,461.86	$	11,320,902.71
COBERTIZO CUARTO DE BATERIAS:	$	57,652.39	$	-
OFICINAS:	$	855,023.75	$	421,651.95
SUBESTACIÓN ELECTRICA:	$	311,717.25	$	313,446.08

COSTOS DIRECTOS:		
CUARTO DE RESIDUOS:	$ 31,844.61	$ -
		$ 12,056,000.75
PLANOS DE TALLER	**$ 931,518.48**	**$1,175,261.34**
TORNILLERIA	**$ 1,604,565.12**	$ 342,378.96
SUMINISTRO DE PINTURA, THINNER Y PRIMARIO	**$ 7,223,386.87**	**$7,135,023.14**
MAQUINARIA	**$ 5,986,263.92**	**$ 1,903,973.44**
COMBUSTIBLES	**$ 757,264.94**	**$1,099,807.23**
LABORATORIOS	**$ 2,641,200.00**	**$ 2,465,324.80**